

# Investigació de la tramuntana a Menorca

*per Agustí Jansà i Joan Campins*

## 1. Introducció

El vent és un element diferenciador del clima de Menorca respecte d'altres indrets mediterranis, tot i que qui pensí que a Menorca sempre hi bufa vent fort s'equivoca. El nombre de dies en què el vent arriba a ser fort en algun moment del dia (fins a 60 km/h de ratxa màxima) és de devers 40 o 50 a l'any. La major part de dies de l'any, per tant, no hi ha vent fort. Això no vol dir que el vent no sigui un element molt important en el clima de Menorca. El vent, sobretot a través del seu efecte salinitzador, marca el paisatge, pentinant la vegetació natural, i causa un impacte important a l'agricultura i a altres activitats humanes. Menorca, a més, resulta aïllada per mar diverses vegades cada any, a causa dels temporals marítims o sigui, de les ventades més fortes.

El vent fort de Menorca per antonomàsia és la tramuntana (que a les Balears i a l'Empordà és vent del nord; no a altres zones, com el Rosselló). La freqüència de vents forts de tramuntana és major que la dels vents forts de totes les altres direccions juntes.

La tramuntana de Menorca és un vent freqüentment lligat a la tramuntana de l'Empordà i del Rosselló i al mistral de la Provença. Tots aquests vents solen formar un sistema, el mistral / tramuntana, que és el responsable de les més importants ventades de la Mediterrània.

Determinar el mecanisme generador de la tramuntana de Menorca pot voler dir, així, determinar el mecanisme generador de tot el sistema mistral / tramuntana.

La importància social i econòmica de la tramuntana a Menorca i del sistema mistral / tramuntana a la Mediterrània en general fan que a l'estudi del tema s'hi hagin dedicat importants esforços al llarg dels anys.

En aquest article ens referirem als estudis destinats a caracteritzar la tramuntana a Menorca i les seves conseqüències i als estudis sobre l'enquadrament de la tramuntana de Menorca en el context mediterrani, amb incidència sobre la gènesi d'aquests vents del sector nord a la regió, amb una orientació que hem volgut que fóra històrica, d'història de la ciència. En concret, no es tracta de presentar l'estat actual del coneixement de la tramuntana a Menorca, des d'un punt de vista purament científic (tot i que, després de llegit tot l'article, el lector haurà



adquirit prou informació en aquest aspecte), sinó que es tracta, més aviat, de revisar com ha anat evolucionant aquest coneixement sobre la tramuntana al llarg de la història. Comencem quan comencen les observacions i els estudis meteorològics i climatològics, és a dir, des de mitjan segle XVIII, i arribem fins a l'actualitat, ja iniciat el segle XXI.

## 2. Segles XVIII i XIX

### 2.1. *Segle XVIII. El principi de les observacions meteorològiques a Menorca.* *Cleghorn, Bals*

La base per a qualsevol estudi meteorològic o climàtic és l'observació i, tot i que Menorca presenta una llarga tradició d'observació meteorològica, l'observació de vent no va ser obtinguda i tractada quantitativament fins ben endavant.

De fet, una de les primeres sèries regulars d'observació meteorològica fetes en tot el que és actualment l'estat espanyol va ser la que va obtenir, a Menorca, el metge escocès George Cleghorn, entre 1744 i 1749, quan Menorca estava sota sobirania britànica. Com explica Vidal Hernández (1991, 1998), l'esforç d'observació de Cleghorn està parcialment enquadrat dins de l'orientació mèdica neohipocràtica, de filosofia ambientalista, pròpia de l'època. El temps i el clima interessen en ésser considerats com a factors primordials de salut i malaltia. El vent era considerat un element important en aquest sentit, però Cleghorn no tenia instrumentació per a mesurar el vent i no en va poder fer observacions quantitatives. Sí que prenia nota dels canvis de direcció de vent i va recollir les principals vicissituds en aquest sentit en el seu llibre *Observations on the epidemical diseases in Minorca from the year 1744 to 1749*, publicat l'any 1751. Com diuen Vidal Hernández i Batlló Ortiz (2006), «[Cleghorn] es limita a comentar, per a cada setmana dels anys que considera, de quina direcció provenien els vents dominants durant el període i les seves característiques d'humitat i sequedat, i si eren freds o càlids, qualitats que eren les úniques, en el cas dels vents, que segons les teories ambientalistes podien influir en la salut humana». De fet, els vents secs i freds, la tramuntana, en definitiva, eren considerats els més saludables. Segons indica Vidal Hernández (1998), aquesta opinió sobre la salubritat de la tramuntana va ser també recollida pel metge francès Passerat, en un llibre publicat el 1764, després de passar l'autor també per Menorca, en aquest cas durant la curta dominació francesa.

Respecte del coneixement sobre la tramuntana, convé afegir l'acotació que fa Vidal Hernández (1998) en relació a un informe ambiental i sanitari preparat pels metges Joaquim Carreras, Antoni Parpal i Bartomeu Ramis i els cirurgians Pere Roca i Antoni Andreu el 1782. En aquest informe es fa referència al fet que la tramuntana arrossega partícules salines, que afecten la vegetació i la modulen, donant-li forma abanderada. La idea, que ja havia estat apuntada per Cleghorn, no va generar investigació quantitativa fins quasi exactament dos segles més tard, com veurem al seu moment (Jansà, 1985b).



Poc afegeixen la resta d'activitats meteorològiques desenvolupades a Menorca al llarg de la resta del segle XVIII i fins mitjan segle XIX, entre les quals hauríem que destacar l'obtenció d'una nova sèrie d'observació meteorològica sistemàtica, la del farmacèutic Joan Bals (1792-1799), més completa que la de Cleghorn, però sense observacions de vent (Vidal Hernández, 1998; Vidal Hernández i Batlló Ortiz, 2006).

## 2.2. El segle XIX. Joaquim Carreras, Pere Riudavets, Maurici Hernández.

Francesc de B. Moll (1920), en base a detallades informacions anteriors, explica que, just començar el segle XIX, un marí menorquí, Andrés Rosas, va inventar un anemòmetre, que si s'hagués construït i emprat, tal vegada podria haver permès fer observacions quantitatives del vent. De fet, la motivació de l'inventor fou el desig de poder mesurar el vent, després d'haver viscut perjudicials ventades, suposadament de tramuntana. Es desprèn de la descripció que l'anemòmetre inventat a Menorca, encara que enormement complex en estructura i funcionament, podria basar-se en la mateixa idea que els anemòmetres d'*empenta* de tipus *Wild*. En aquests, en la seva versió simple i operativa, una planxa, suspesa d'un punt de rotació, s'aixeca amb el vent, girant, fins a una posició d'equilibri entre la força exercida pel vent i el pes de la placa. Aquest tipus d'instrument dóna quantitativament la magnitud del vent, expressada en força per unitat de superfície (o pressió) i podria ser que s'hagués emprat a Menorca, ja a la segona meitat de segle.

Qui hauria emprat un anemòmetre de Wild hauria estat Joaquim Carreras (1827-1885), un altre marí de professió, que va començar observacions sistemàtiques i molt completes a Maó l'any 1863. Des d'aquesta data —a la qual caldria afegir, abans, poc més d'un any d'observacions d'Archivald Remy (Vidal i Batlló, 2006; Carreras, 2007, 2009)—, ja no s'han inter-romput mai les observacions meteorològiques a Menorca, tot i que hi ha hagut molts de canvis d'emplaçament i de tipus d'instrumentació. Respecte del vent, Paz Carreras (2009) indica que Joaquim Carreras feia mesures sobre el «decímetre quadrat» (suposem que seria un anemòmetre de Wild), però el que va deixar anotat no eren dades quantitatives, sinó estimacions qualitatives (vent *fluix*, *fresc*, *fort*; vegeu la figura 1, P. Carreras, 2007).

La *Historia de la Isla de Menorca*, de Pere Riudavets (1888), que també era marí de professió, conté un ampli capítol de climatologia, basat en les dades de Joaquim Carreras, de qui es declara amic. Hi ha una taula de freqüències del vent per direccions —la tramuntana destaca com a vent més freqüent, en proporcions no molt diferents del que donen estadístiques més modernes—, però no hi ha dades quantitatives de la velocitat o força del vent, si s'exceptua una dada puntual: diu Riudavets que, en situacions de tramuntana forta, Carreras ha mesurat forces de vent de  $60 \text{ kg/m}^2$  (en rigor serien  $\text{kp/m}^2$ ), equivalents a velocitats de  $80 \text{ km/h}$ , prou importants, si es té en compte la notable inèrcia dels anemòmetres de Wild. Riudavets afegeix bastants consideracions subjectives sobre la tramuntana



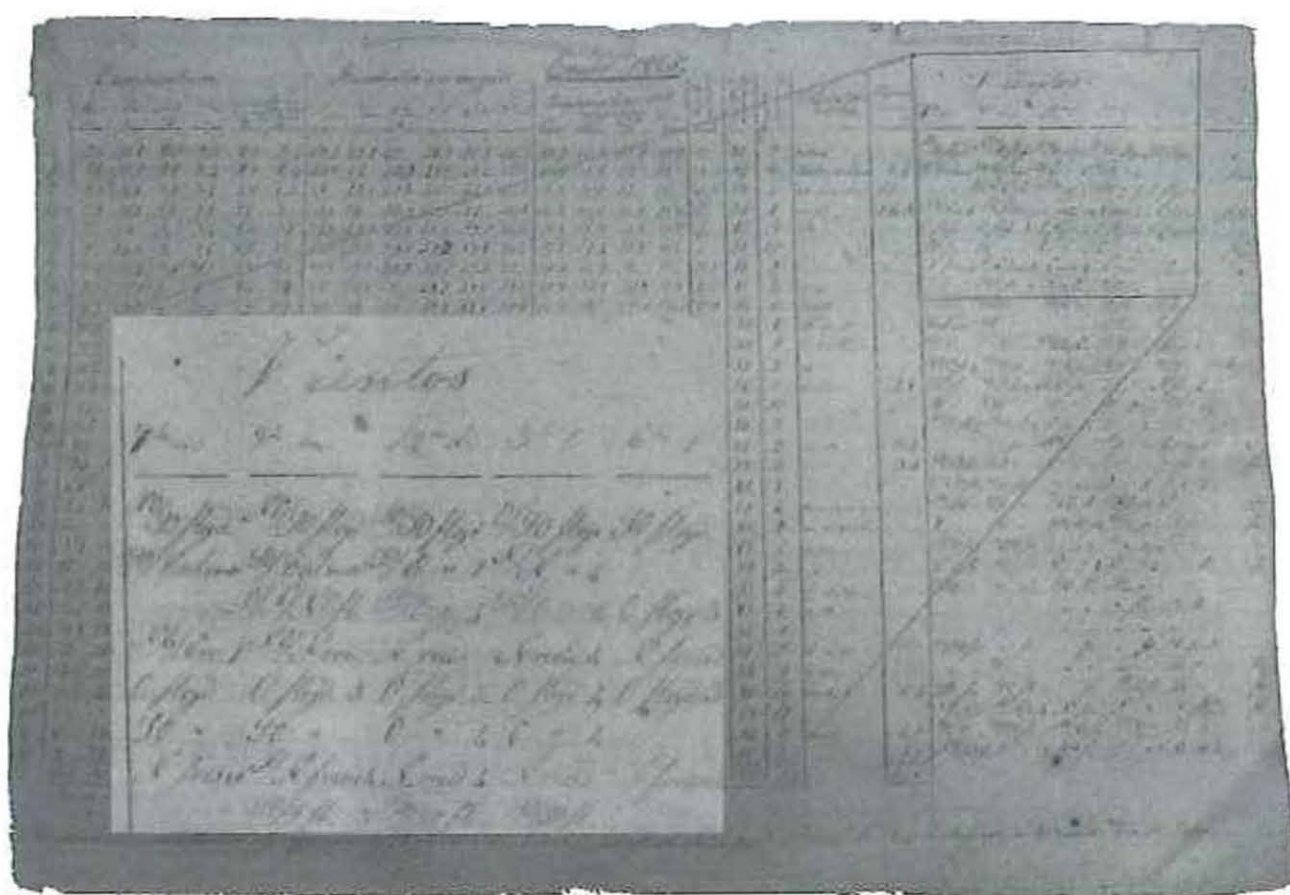


Figura 1. Mostra de dades de Joaquim Carreras, 1865. S'ha ampliat la secció corresponent a dades de vent. (A partir d'una foto de Paz Carreras Seguí, 2007).

a Menorca, com a perill per a la navegació i per a l'agricultura (aquí torna a aduir els efectes de l'aerosol salí), però també com a font de salut, factor de la notable salubritat de Menorca (com també havien exposat altres). Riudavets, que coneix bé la mar, identifica sens dubte la tramuntana de Menorca amb els vents forts que bufen al golf de Lleó i al sud de França. També planteja una suposada disminució secular de la força de la tramuntana i aventura una explicació (poc consistent) per a aquest fet, com a mínim discutible.

A la mort de Joaquim Carreras, el 1885, les observacions no s'aturen, sinó que les continua el farmacèutic Maurici Hernández (1859-1932). Considerat com a meteoròleg científic, destacat dins l'àmbit cultural català i europeu, publicava les seves dades a la «Revista de Menorca» —de 1889 a 1929— i les enviava a Madrid i París (C. Carreras, 1979; Institut d'Estudis Catalans, 2005; P. Carreras, 2007, 2009). Hernández probablement seguia emprant, almenys al principi, un anemòmetre de tipus Wild, però a les seves anotacions la velocitat del vent a hores fixes sols hi figura en forma qualitativa (*calma*, *brisa*, *viento* i *viento fuerte* o, numèricament, de 0 a 4; quatre o cinc graus, segons els períodes). Al final de 1888 (segons la fitxa històrica de l'observatori, document intern, conservat a AEMET) l'observatori va ser dotat amb un anemòmetre de cassolletes, de recorregut, tipus Robinson, que es pot veure a la foto de la figura 2. Aquest anemòmetre permetria obtenir dades de recorregut diari del vent i, per tant, de velocitat mitjana diària. Abans d'acabar el segle XIX, a principis de la dècada de 1990, ja hi ha dades de recorregut de vent en 24 hores als fulls de resum d'observació de M. Hernández. El recorregut en 24 hores, tot i que no permet un estudi separat de la tramuntana, ja obria la porta a l'estudi quantitatiu de la velocitat del vent a Menorca. De fet, alguna cosa es va fer amb aquestes dades, però ja dins del segle XX.





Figura 2. Terrat de la farmàcia de M. Hernández. Es veu l'anemòmetre Robinson, instal·lat el 1888, i el panell, al qual sembla adossat un anemòmetre Wild.

Entre les persones que apareixen hi ha Lola Hernández, filla del farmacèutic i meteoròleg. Aquesta foto ha estat inclosa a P. Carreras (2007) i reproduïda a Institut d'Estudis Catalans (2005).

### 3. Segle xx, fins a 1961: Josep M. Jansà Guardiola. Altres estudis

#### 3.1. *Les dades de M. Hernández. Estudis d'Hernández Sanz i Pau Vila.*

Maurici Hernández, ja dins el segle xx, va publicar, no sols dades, sinó diversos estudis climatològics, la majoria a la «Revista de Menorca» i algun com a Nota d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya, però cap d'aquests estudis es refereix al vent en general o a la tramuntana en particular (C. Carreras, 1979, Barber, 1963). Les dades diàries de recorregut de vent de Maurici Hernández van ser emprades, no obstant, per a estudis climatològics d'altres autors. Pot ser que el primer vagi ser Hernández Sanz (1908). En un breu capítol sobre el clima, basat en dades de J. Carreras i M. Hernández, fa referència al vent i destaca el predomini de la tramuntana, a més d'aportar, com a dada, encara que amb base a una sèrie encara curta, que el recorregut anual mitjà del vent són 101.786 km, equivalents a 279 km/dia i a 3,2 m/s de velocitat mitjana.

Pau Vila (1933) va publicar un article de climatologia de Menorca més extens, també basat en les dades de J. Carreras i de M. Hernández. Indica que la tramuntana és el vent més fort, junt amb el mestral (?), i també el més freqüent, igualat en nombre de dies (62 a l'any, ?) amb el llebeig (?), tot i que a l'estiu els supera el gregal (?). (Els interrogants que hem posat marquen afirmacions difí-



cilment sostenibles). Les dades de recorregut permeten a Vila quantificar l'estacionalitat de la velocitat del vent. El recorregut mitjà entre octubre i abril és de 312 km al dia (correspon una velocitat mitjana de 3,6 m/s) i a la resta de l'any és de 233 km/dia (2,7 m/s). La velocitat mitjana anual torna a ser 3,2 m/s, com l'obtinguda per Hernández Sanz, tot i que ara la sèrie és més llarga. Com a comparació, anemòmetres actuals, de cassolotes, com els de recorregut de Robinson, però amb tecnologia electrònica i amb dades cada deu minuts, donen velocitats mitjanes diàries (a l'aeroport de Menorca) d'uns 4 m/s. Quant a la tramuntana en sí, Pau Vila la descriu com a vent sec i fred, normalment associat a temps poc o gens plujós i responsable que la humitat relativa a l'Illa sigui inferior a la que caldria esperar per la seva situació, tan marítima, i les seves petites dimensions. És important notar que Vila assenyala com a causa dels vents del nord a Menorca la diferència de pressió entre les baixes pressions mediterrànies (baixes balears és el que diu) i les altes pressions a terres circumdants, en particular cap a Ibèria i França. És una afirmació important, a la qual Josep Maria Jansà ja s'havia avançat (1928, 1929).

### 3.2. *Visions de Bergeron i Mengel*

Entorn als anys 1920 (es podria dir que des de 1918) va florir amb força, entorn a la figura de Vilhelm Bjerkness, un grup de físics i meteoròlegs, coneguts com l'Escola Noruega de Meteorologia, que va revolucionar la meteorologia de l'època, amb el replantejament de l'anàlisi meteorològica i la introducció, definició i descripció de conceptes com els de front, front polar, ciclogènesi frontal, interaccions amb muntanyes, ciclogènesi secundària, etc. (vegeu Puigcerver, 1979, per a una visió històrica). En el marc dels treballs de l'Escola Noruega i dins de la seva profunda revisió de la metodologia de l'anàlisi meteorològica, Tor Bergeron (1928) va fer un dibuix de la interacció entre front polar i muntanya a la regió mediterrània, que és sorprenentment clarivident i que explica moltes coses sobre la tramuntana en mar i a Menorca, tot i que Menorca no apareix explícitament dibuixada al mapa. Aquest dibuix, també reproduït per Fontserè (1950), mostraria la irrupció de la tramuntana com una inundació, provocada per l'avinguda d'un riu, en aquest cas, d'un riu d'aire fred, polar. Jansà Guardiola va reprendre la idea en un treball de 1960. Actualment considerariem que el dibuix (Fig. 3) correspon a una fase inicial i transitòria de la tramuntana.

Un poc posterior als principals treballs de l'Escola Noruega de Meteorologia i de la mateixa època que la climatologia de Vila i que alguns dels treballs de Jansà Guardiola, que després comentarem, és un article del meteoròleg francès Mengel (1934), on es fa palès, en forma gràfica, el que ja havia indicat Riudavets (1888), és a dir, que la tramuntana menorquina pot ser part d'un sistema de vent més ampli, tot i que en el dibuix de Mengel (Fig. 4) no queda prou clar si Menorca està o no plenament immersa dins d'aquest sistema. Mengel va aportar molts de detalls sobre la distribució del *mistral* i la tramuntana a la mar, en base, sobre-



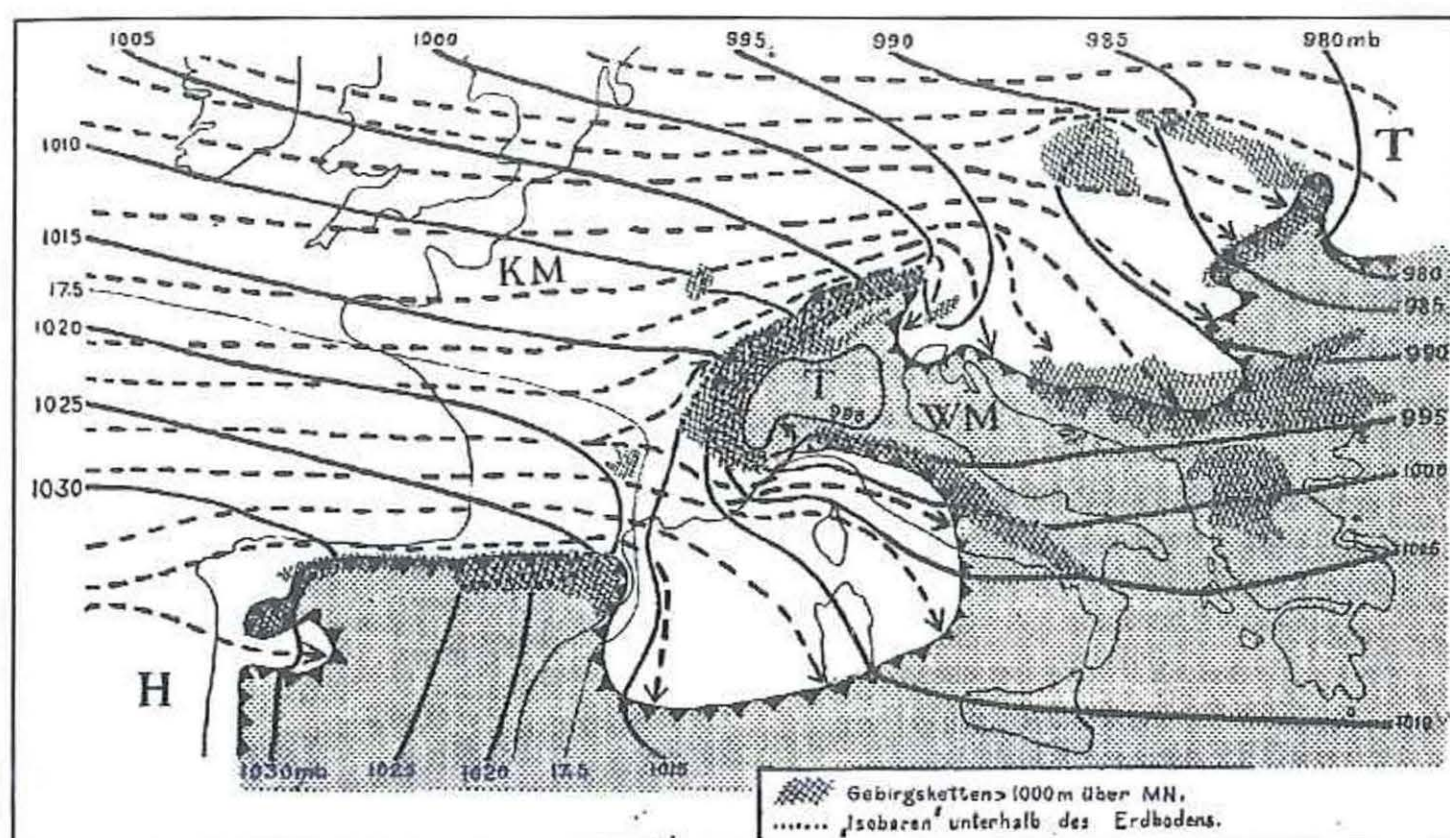


Figura 3. Model conceptual d'una irrupció de tramuntana a la Mediterrània, per interacció entre el front polar i les muntanyes, segons T. Bergeron (1928).

tot, a testimonis de navegants, i va fer referència a un límit occidental ben definit d'aquest sistema. Aquest límit serà més tard conegut com *línia de cisallament* de la tramuntana. Malgrat la base experimental, noteu que el dibuix de Mengel (Fig. 4) no acaba de casar prou bé amb el dibuix de Bergeron (Fig. 3); és una contradicció, aparent, al menys, que es manté viva fins i tot avui dia. Noteu, finalment, que *mistral* és el nom que reben a la Provença els vents del nord. No l'hem de confondre amb el *mestral* de Catalunya i les Balears, que és un vent del nord-oest, fins a cert punt independent de la tramuntana.

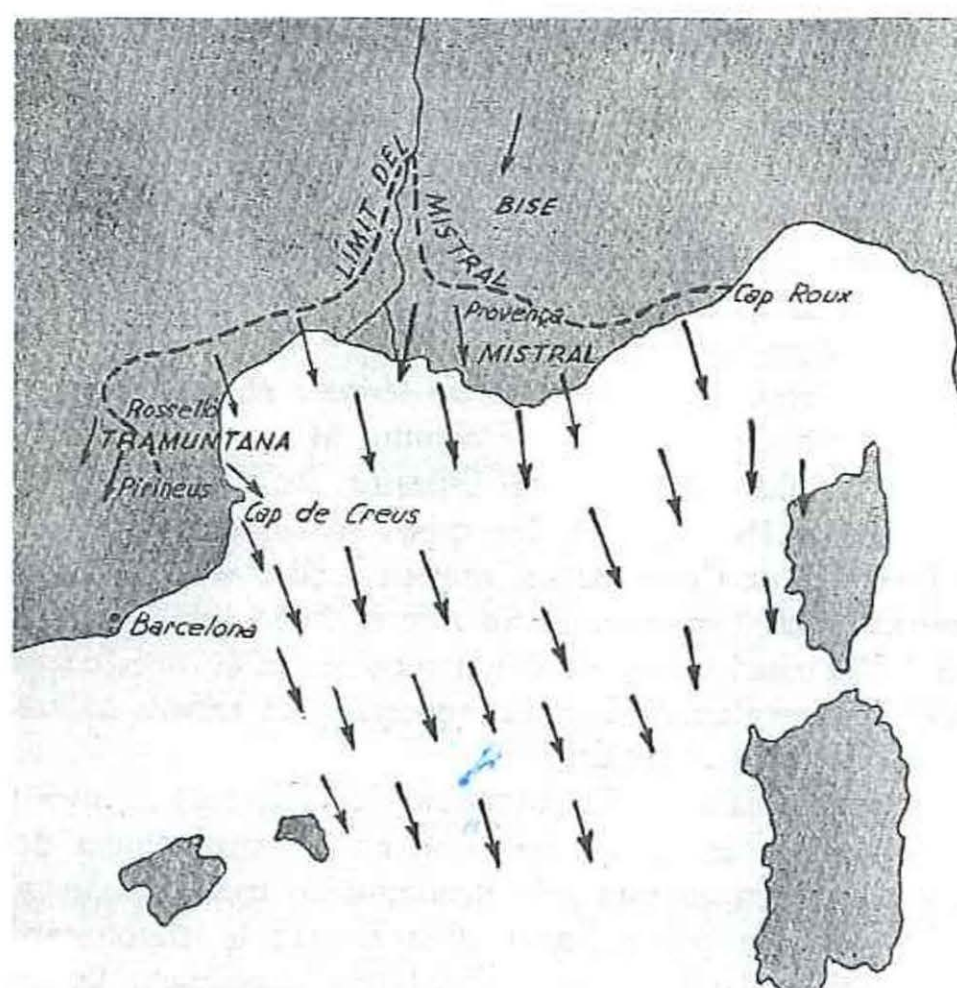


Figura 4. Extensió del sistema de vents mistral / tramuntana dins la mar, segons Mengel (1934). La figura reproduïx l'adaptació feta per Fontserè (1950).



### 3.3. Josep M. Jansà Guardiola i Eduard Fontserè.

Josep Maria Jansà Guardiola (1901-1994), el primer meteoròleg professional de rang superior que hi va haver a les Balears i un dels primers i més destacats de tot l'estat espanyol en el conjunt del segle xx (J. Miró-Granada, 1998; Vidal Hernández, 2002), no va emprar les dades de recorregut diari de vent de M. Hernández ni als seus estudis específics sobre la tramuntana (1928, 1930-32, 1933a), ni a *Régimen de vientos* (1933b, 1934a, 1934b), però sí a un llibre bastant posterior, *Nociones de Climatología General y de Menorca* (1961). Les dades de recorregut diari i vent mitjà incloses en aquesta darrera obra són molt semblants a les publicades per Hernández Sanz i per Vila, com és normal, ja que tot són dades de M. Hernández, i si no són idèntiques és perquè el període emprat no és exactament el mateix.

Els treballs de J. M. Jansà sobre la tramuntana a Menorca són els primers treballs científics publicats específicament dedicats a aquest tema concret (la *tramuntana a Menorca*) i són fonamentals i encara vigents. Les dades que va emprar són les obtingudes, personalment, en bona part, a l'observatori de la base naval de Maó, establert el 1925 pel servei meteorològic estatal, com a primer observatori meteorològic *professional* de les Balears. J. M. Jansà va estar integrat a aquest observatori des de 1926 a 1939 i el va dirigir almenys des de 1929. Des de 1934 l'observatori va esdevenir seu de l'acabat de crear Centre Meteorològic de Balears, al cap del qual també hi va estar Jansà Guardiola (fins a 1966).



Fig. 5. Josep Maria Jansà Guardiola (1901-1994), a l'època dels seus estudis pioners sobre la tramuntana a Menorca.



En aquest observatori (vegeu la figura 6) hi havia un anemòmetre de cassolletes, tipus Robinson, semblant al que tenia Maurici Hernández, però calibrat per a proporcionar velocitats mitjanes de vent durant un període curt, en lloc de recorreguts en períodes llargs. És així que els recorreguts en 24 hores no estan enregistrats als resums de dades de l'observatori de la base naval, però sí que consten, per primera vegada, dades de velocitat *sostinguda* del vent (velocitat mitjana en deu minuts o, simplement, velocitat del vent) a hores fixes, concretament a les 07, 13 i 18. Els estudis específics de J. M. Jansà sobre la tramuntana i sobre el règim de vents en general empren aquestes dades, concretament les sèries 1926-29 (Jansà, 1930-32), 1926-30 (1933a) i 1926-32 (1933b, 1934a, 1934b). Totes són sèries bastant curtes. És molt important assenyalar que a l'observatori de la base naval, a més d'observacions de superfície, es feien observacions de vent en altura, mitjançant globus pilot. Els resultats inicials d'aquests sondatges (que van durar fins els anys 1970, passant als successius observatoris de l'Esplanada de Maó i de l'aeroport) els va emprar Jansà Guardiola en els estudis específics sobre la tramuntana i en un d'especialment dedicat al vent en altura (1943a).

Prèviament a aquests treballs de base experimental (sense defugir dels plantejaments teòrics), hi ha un article breu, publicat a dos llocs diferents amb pocs canvis, que el que planteja és més basat en elucubracions científiques que en dades experimentals (Jansà 1928, 1929). No obstant, aquests dos articles, quasi idèntics, són molt interessants des del punt de vista d'història de la ciència. Són els primers específicament dedicats a la tramuntana a Menorca i són els primers treballs de contingut meteorològic dins l'extensa bibliografia de Jansà Guardiola (Barceló, 1998). A més, com hem apuntat, s'hi confirma el caràcter regional (mediterrani), no local, de la tramuntana a Menorca. Tot i que a l'anàlisi de Bergeron (1928) ja apareixia dibuixada una depressió alpina de sotavent (indicada per la lletra T, figura 3), a Jansà Guardiola (1928, 1929) és al primer lloc on la tramun-



Fig. 6. Observatori de la base naval de Maó (cap a 1930), primer observatori meteorològic professional a Balears i seu inicial (des de 1934) del Centre Meteorològic de les Balears. La foto és de J. M. Jansà.



tana de Menorca es descriu d'una manera explícita com a conseqüència de la ciclogènesi mediterrània, particularment de la ciclogènesi del golf de Gènova, que dóna lloc a freqüents depressions a la citada zona geogràfica, moltes vegades esteses cap a la Tirrena. La depressió mediterrània i l'anticicló europeu es combinen per engegar la tramuntana, després accelerada per canalització orogràfica, entre els Pirineus i els Alps. Cal afegir, per acabar aquest punt, que la ciclogènesi de Gènova i, en general, les ciclogènesis mediterrànies —motor de la tramuntana— són ciclogènesis secundàries dins de les grans depressions atlàntiques i europees. Aquesta darrera idea ja es podia intuir com implícitament expressada als treballs de van Bebbber (1891) i apareix explícitament als treballs de l'Escola Noruega de Meteorologia, com Bjerknes i Solberg (1922).

En els treballs específics sobre la tramuntana basats en dades (Jansà Guardiola, 1930-32, 1933a) es fa una descripció molt completa sobre la freqüència, durada, distribució horària i intensitat de la tramuntana i sobre les relacions entre la tramuntana i altres magnituds, com temperatura, humitat, nuvolositat, pluja i pressió. També s'estudia el gruix de la tramuntana —aprofitant els sondatges amb globus pilot—, que seria d'uns 1000 m, com es comprovaria molt més tard, a PYREX, mitjançant avions instrumentats (Campins et al., 1995; Campins, 1998). Un dels aspectes més destacats dels treballs esmentats (Campins, 1998) és la identificació de les situacions meteorològiques associades a la tramuntana menorquina: val la idea general que el que mou la tramuntana és la diferència de pressió entre depressió a la Mediterrània i anticicló cap a Europa, però Jansà Guardiola mostra cinc tipus i fins a 13 subtipus de situacions meteorològiques compatibles amb vent del nord a Menorca. A la figura 7 es mostren els sis primers subtipus. Dels treballs de Jansà Guardiola de 1930 a 1933, Vidal Hernández (2002) va destacar la idea que la intensitat de la tramuntana a Menorca no és proporcional al gradient de pressió al voltant de l'illa, sinó que depèn de la configuració de pressió a escala regional. També aquest aspecte seria confirmat més tard (Campins et al., 1995).

Entre 1940 i 1961, ja hem citat dues obres de Jansà Guardiola (1943a i 1961), que no són específiques sobre la tramuntana a Menorca, però que aporten informació addicional al tema. Resultats sobre la tramuntana a Menorca, no totalment nous, van ser publicats al Butlletí Climatològic del Centre Meteorològic de Balears (Jansà G., 1943b, 1945).

Sí que hi ha noves aportacions rellevants al treball de Jansà Guardiola de 1960. La idea es podria dir que és bàsicament coincident amb la continguda a l'anàlisi de Bergeron (1928), però Jansà Guardiola l'explicita amb tot detall matemàtic: el límit o front de baix nivell de l'aire fred avança com un *corrent de densitat*, és a dir, per l'acceleració que proporciona la diferència de pressió a través d'aquest límit, més alta sota l'aire fred que davant. Revingudes posteriors d'aire fred motivarien noves acceleracions, amb salts de pressió addicionals. És interessant comparar la figura 8 amb la figura 3. També amb les figures 13 i 14. En tot això s'hauria d'entendre que estem parlant de fases transitòries de la tramuntana, no del règim estacionari.

Eduard Fontserè (1870-1970), insigne meteoròleg, pare de la meteorologia catalana i creador i director del Servei Meteorològic de Catalunya (1921-1939),





Figura 7. Els sis primers dels tretze subtipus de situació meteorològica associada a la tramuntana de Menorca, segons Jansà Guardiola (1930-32, 1933a).

va dedicar algun treball a la tramuntana, centrat en la caracterització d'aquest vent (i el mestral) en terres catalanes peninsulars, però amb alguna referència a la tramuntana a les Balears. A la figura 1 de l'article de Fontserè de 1950 (reproduïda en el requadre superior esquerre de la nostra figura 9) es delimiten els dominis a Catalunya de la tramuntana (T) i el mestral (M). En concret, la línia AB és el límit occidental normal de la tramuntana i AC és el límit eventual. La prolongació en línia recta d'ambdós límits ens duria a algun punt del nord de les Balears. Si aquesta prolongació fóra correcta, Menorca estaria inclosa dins del domini de la tramuntana normalment i el nord de Mallorca, més eventualment. Fontserè (1950), pel que fa a la tramuntana a Menorca, remet als treballs de Jansà Guardiola, que coneix bé, i comenta que «no sembla cabre-hi dubte (...) que la tramuntana del Rosselló i de l'Empordà arriba en realitat a Menorca, amb freqüència i amb intensitats suficients per a constituir (...) un dels factors característics d'aquell clima». Respecte de la tramuntana a Mallorca, empra les poètiques paraules de Joan Alcover, «... la serra immensa, que l'illa travessa, que l'illa defensa de la tramuntana», per deixar clar que a Palma gairebé mai no hi arriba tramuntana forta, però posa en dubte si la tramuntana forta arriba o no, amb freqüència, al nord de Mallorca o als cims de la Serra de Tramuntana.



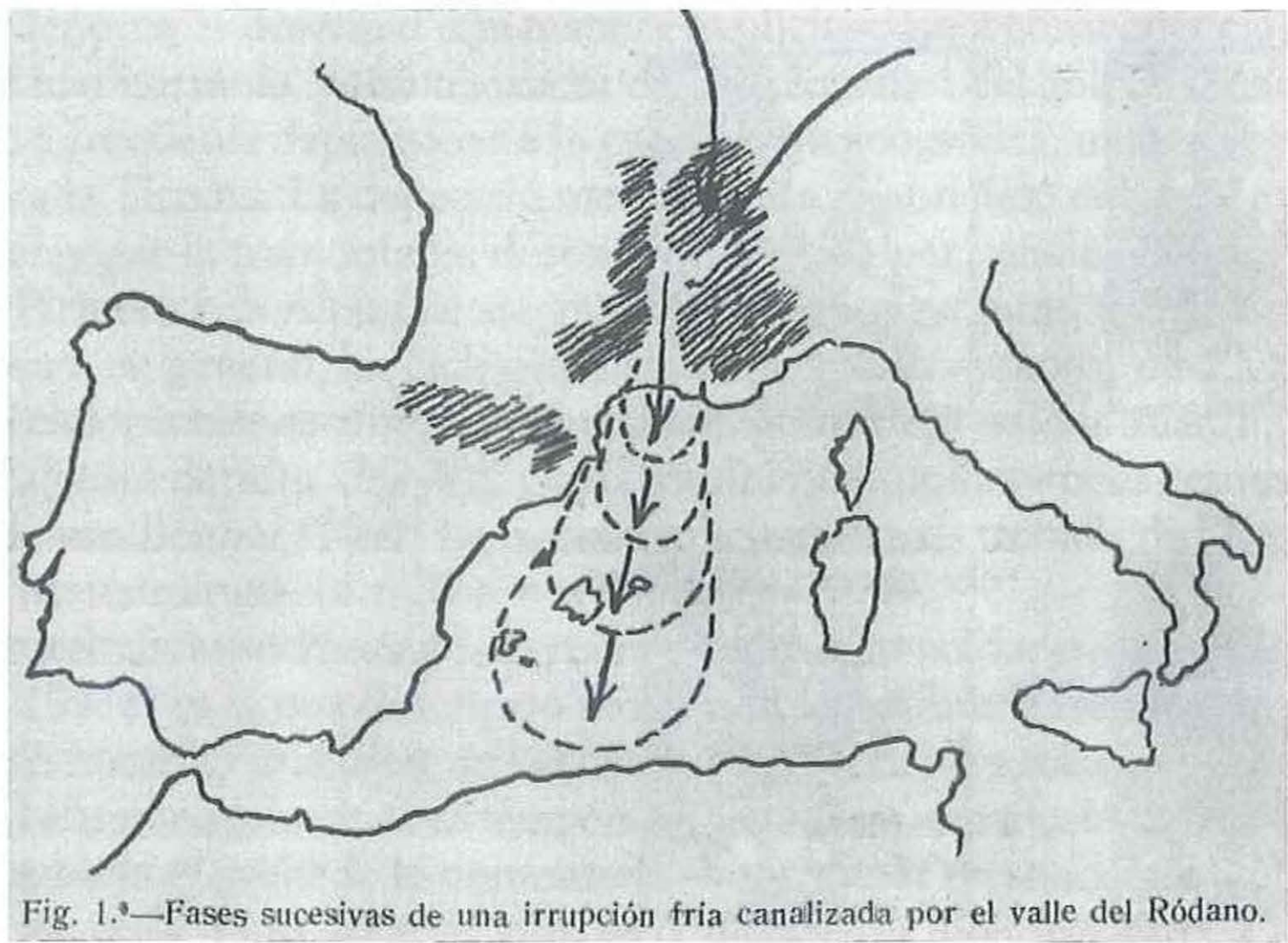


Figura 8. Irrupció de tramuntana, com a inundació, com a corrent de densitat, segons J. M. Jansà Guardiola (1960).

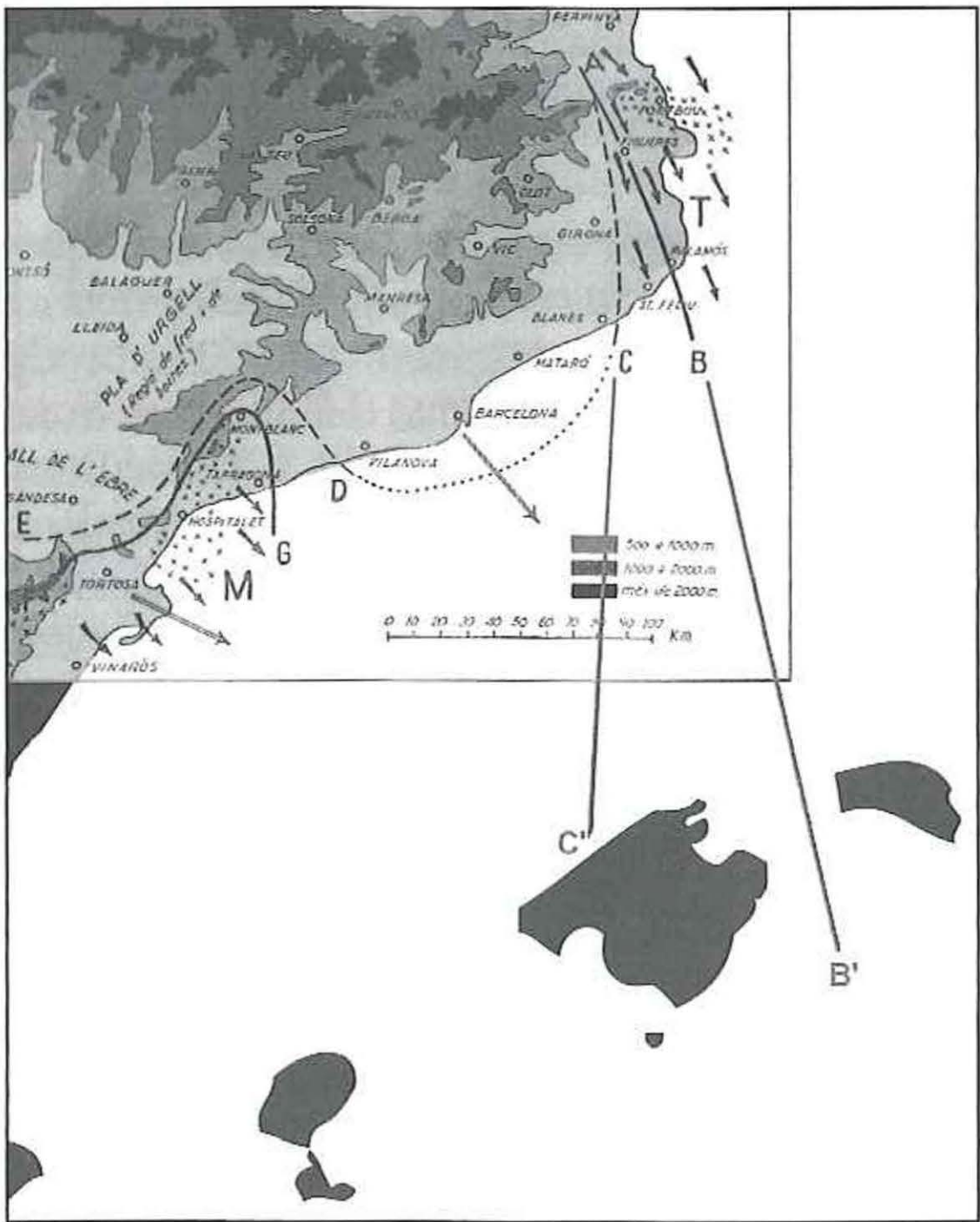


Figura 9. Dominis de la tramuntana (T) i el mestral (M) a Catalunya, segons Fontserè (1950). AB i AC són els límits occidental normal i eventual de la tramuntana. Els hem prolongat (línies BB' i CC') per a veure com quedarien les Balears, si la prolongació del domini fóra acceptable.



#### 4. De 1961 a 1980: Els registres continus de vent. Les investigacions britàniques i nord-americanes. Inici de l'anàlisi mesoscalar

##### 4.1. Registres continus. Estudis actualitzats sobre vent a Menorca.

Els instruments registradors (analògics), per a l'observació continuada de la direcció i la velocitat del vent (no sols a hores fixes) van arribar a Menorca a principis dels anys 1960. El primer, concretament, un *anemocinemògraf pneumàtic*, basat en les diferències de pressió associades a les diferències de velocitat de vent (teorema de Bernouilli), va començar a proporcionar dades, com velocitat màxima del vent (desconeguda fins aleshores), des d'agost de 1961. Estava instal·lat a l'observatori de l'antic aeroport de Sant Lluís, obert al tràfic civil el 1949. Malgrat que l'observatori professional que l'any 1939 havia substituït l'observatori de la base naval fou el de l'Esplanada (núm. 51) de Maó, en els anys 1960 les observacions i registres de vent (i altres variables) s'obtenien a l'aeroport de Sant Lluís (comunicació oral de l'antic Observador de Meteorologia José Pons). L'anemocinemògraf pneumàtic és un instrument sense cassolletes, molt sensible, de resposta ràpida i que requereix estar en vertical respecte de l'enregistrador, de manera que estava dalt de la torre de control, ben per sobre dels 10 m d'altura establerts per norma per a l'observació del vent. El 1968 es va instal·lar un anemocinemògraf elèctric, amb transmissió a distància, a 10 m del terra, al cap de pista sud del que seria el nou aeroport de Menorca (des de 1969). No era un aparell tan sensible com el pneumàtic. Per tipus d'instrument i per condicions d'instal·lació, si a l'antic aeroport de Sant Lluís es podien sobreestimar un poc els vents màxims, en el nou aeroport es podrien subestimar. Es poden veure taules de dades de vents màxims diaris (per primera vegada) a Jansà (1976). Tot i que múltiples raons addicionals poden afectar les diferències, si fem un senzill càlcul, la mitjana anual de nombre de dies amb 91 km/h o més de vent màxim és 11,3 entre 1963 i 1968 (a l'antic aeroport) i de només 6,3 entre 1969 i 1974 (al nou aeroport). Les diferències relativitzen el valor dels estudis de vent revisats (Jansà, 1976, que després va ser emprat a Jansà, 1979), però podríem dir que, entre 1962 i 1975, el vent màxim mensual havia superat 42 vegades els 100 km/h (el 25% de tots els mesos), sempre de tramuntana, excepte en 7 ocasions. Curiosament, el màxim absolut, 144 km/h, no va ser de tramuntana, sinó de llebeig, el 1965. La màxima tramuntana, 133 km/h, es va enregistrar el 1967 (133 km/h) i no ha estat superada.

##### 4.2. Les investigacions britàniques i nord-americanes

Des dels anys 1950, l'interès internacional, sobretot el de les grans potències externes, per la meteorologia mediterrània en general i per temes com la ciclogènesi de Gènova i el fenomen relacionat del mistral / tramuntana en particular, es va anar manifestant amb vivesa, fins acabar per conduir a importants projectes experimentals i d'estudi. Cal mencionar el Seminari UNESCO/OMM, sobre meteorologia sinòptica mediterrània, de 1958 (Bleeker et al., 1960).



L'any 1962 l'Oficina Meteorològica Britànica va publicar una obra que esdevingué clàssica sobre meteorologia mediterrània (Great Britain, Meteorological Office, 1962). En relació a vent i mar, en base a observacions de vaixells s'hi destaca l'elevada freqüència de temporals (vents de força 8 Beaufort o més) al golf de Lleó, que és del 6,8% de totes les observacions, bàsicament a causa del mistral / tramuntana i s'hi confirma, també, que el vent, si arriba a Menorca, sol arribar-hi esmorteït, ja que en aigües de Menorca la freqüència de temporals baixa fins al 2,9%. Això no obstant, s'indica en aquest llibre que «a Menorca la mar més agitada acompanya els temporals de nord-oest a nord-est i es diu que aleshores els ruixims travessen tota l'illa» (G.B., M.O., 1962, pàg. 183). Una interessant referència a l'aerosol salí (Jansà, 1985b).

L'OTAN, en general, i els meteoròlegs de la *U.S. Navy* (Marina americana), en particular, fomentaven, cap als anys 1960, intercanvis i encontres científics sobre meteorologia mediterrània, en particular amb Itàlia i França, a més de realitzar importants observacions sistemàtiques a la mar. Elmar Reiter, a més de convocar i dirigir una important reunió de feina el 1970, als Estats Units, va obtenir i publicar informació significativa sobre la qüestió en dos llibres. En el primer, publicat el 1971, en particular, es dona compte de molts detalls referents a la tramuntana a la mar, basats en estudis francesos i en les observacions de la *U.S. Navy* (Reiter, 1971). Destacarem la referència a una *línia de cisallament ben definida*, establerta des de l'extrem nord-est d'Espanya cap a Menorca; la posició podria coincidir amb la línia ABB', o fins i tot l'ACC', de la figura 9. A través d'aquesta línia, en pocs quilòmetres es passa de temporal, amb vent de 35-45 nusos (a llevant), a sols 8-16 nusos (a ponent). També s'apunta que hi ha diversitat de situacions de mistral, en ocasions restringit al golf de Lleó, sense estendre's més al sud.

#### 4.3. Inicis de l'anàlisi mesoscalar

Fontserè (1950) ja havia insinuat que el seguiment de segons quins temporals mediterranis requeriria anàlisis més detallades que les que es feien habitualment, passant a escales geogràfiques majors i reduint a 2 o 1 hPa l'espaiat entre isòbares. A final dels anys 1970, des de l'oficina meteorològica de l'aeroport de Menorca, i per a poder entendre les situacions de tramuntana i explicar-les apropiadament, ens vam adonar que necessitaven aquest tipus de mapes, és a dir les *anàlisis mesoscalars manuals*, i els vam començar a fer, d'una manera rudimentària. Des de 1979, quan A. Jansà es va fer càrrec de la predicció al Centre Meteorològic de Balears de l'aleshores anomenat *Instituto Nacional de Meteorología*, la tècnica de l'anàlisi mesoscalar es va introduir en aquest Centre, on va esdevenir pràctica operativa, amb posterior expansió a tot Espanya. El primer descobriment havia estat el que després anomenaríem *dipol orogràfic del Pirineu*: la redistribució de pressions forçada per l'orografia, que, en situacions de component nord, suposa anomalia positiva de pressió al nord de les muntanyes i anomalia negativa al sud, amb fort gradient de pressió a l'extrem nord del Pirineu. Això podria ser important per a explicar la gran acceleració inicial de la tramuntana, entre el Rosselló i el golf de Lleó, i també



per entendre millor la perfecta delimitació espacial d'aquest vent (*línia de cisallament*). Així es va anar confirmant més endavant, però ja alguna cosa apareix insinuada a l'Enciclopèdia de Menorca (Jansà, 1979) i, més clarament, a les Jornades que l'Associació Meteorològica Espanyola (AME) va organitzar el 1980, entre Menorca i Mallorca (Jansà, 1985a; Ramis, 1985).

## 5. De 1981 a 2000: Experiment sobre l'aerosol salí. ALPEX. PYREX.

### Noves observacions locals

Al final del segle xx hi va haver una acumulació d'actuacions i estudis sobre el mistral / tramuntana, alguns específicament referits a Menorca, altres més generals, però d'interès per a comprendre la tramuntana a l'Illa. A més, es multipliquen noves instal·lacions locals, per a poder saber més sobre el vent, amb intencionalitats diverses.

#### 5.1. Experiment sobre l'aerosol salí

Des del segle XVIII, al menys, s'havia plantejat que l'afectació, evident, de la tramuntana sobre la vegetació de Menorca (i del nord de Mallorca), amb pèrdues agrícoles i abanderament d'arbres i mates, podia ser més deguda a necrosi cel·lular, causada per l'impacte de l'aerosol salí d'origen eòlic, que no a l'estrès mecànic del mateix vent. Però no se'n tenien dades, ni evidències sobre la qüestió. Per això el 1980 es va proposar una campanya experimental, aprovada pel Consell de Menorca el 18 d'agost, amb una modesta subvenció, que va comptar amb el suport de la meteorologia institucional estatal («Instituto Nacional de Meteorología», INM, en aquell temps) i amb la participació altruista de botànics, farmacèutics (analistes), tècnics en meteorologia i pagesos, aquests darrers sota l'organització d'Unió de Pagesos, que ja prèviament s'havia manifestat interessada en la qüestió. L'experiment va tenir lloc entre 1981 i 1982. Es van tenir instal·lats captadors de sal a set emplaçaments escampats per Menorca, cinc d'ells amb anemòmetres simples, tipus Robinson, cedits per l'INM. Algunes mates i camps conreats s'havien triat, a més, com a testimonis per a avaluar l'efecte botànic directe de l'impacte salí. Va resultar que la càrrega de sal que transporta la tramuntana a Menorca a quilòmetres de la mar és tan important com la que s'havia observat a altres indrets a només centenars de metres de la costa. Però això només en alguns, molt pocs, episodis de tramuntana realment forta, no d'una manera gens continuada. En cada un d'aquests episodis singulars podien morir fins a un terç o la meitat dels foliols o fulles directament exposats de les plantes testimoni. No exageraven, doncs, els que atribuïen un gran efecte agrícola i ecològic a l'aerosol salí d'origen eòlic, ni tampoc el Great Britain, Meteorological Office (1962), quan afirmava que els ruixims aixecats per la tramuntana podien travessar tota l'illa de Menorca. De passada, es va comprovar que el vent mitjà és, en general, devers un 20% més fort als turons del nord de Menorca que als plans de sud



(com el de l'aeroport). Aquesta diferència pot augmentar en episodis de vent fort. A zones molt a redossa hi ha una notable reducció del vent. Queda per valorar per què cap a Ciutadella el vent mitjà sembla ser menys que cap a Maó. Pot ser que a vegades la línia de cisallament de la tramuntana passi per dins de Menorca, com podrien fer pensar consideracions ja fetes a les seccions 3.2, 3.3 i 4.2 o les figures 4 i 9. L'Institut Menorquí d'Estudis conserva la memòria completa de l'experiment, àmpliament resumida en una publicació de l'INM (Jansà, 1985b).

## 5.2. *ALPEX i el diagnòstic de la tramuntana*

Entre 1982 i 1987 hi va haver una efervescència d'activitats en relació a la tramuntana i altres vents regionals, en principi independents, però finalment prou lligades. Un aspecte que bona part d'aquestes activitats tenen en comú és el diagnòstic, és a dir, l'obtenció d'una sèrie de mètodes i instruments capaços de donar, d'una manera objectiva i quantitativa informació sobre la tramuntana en zones sense observació directa habitual. Les anàlisis objectives, basades en models numèrics de predicció, eren, als anys 80, massa pobres com per a poder donar informació prou detallada i de qualitat per a les aplicacions científiques.

*ALPEX*, l'Experiment Alpí, va ser el darrer gran experiment de camp que va posar en marxa l'Organització Meteorològica Mundial (OMM), junt amb l'ICSU (el Consell Internacional d'Unions Científiques), en el marc del macroprograma *GARP*, el Programa d'Investigació Global de l'Atmosfera. L'objectiu d'*ALPEX* era avançar en el coneixement de la influència de les muntanyes sobre la circulació atmosfèrica. *ALPEX*, que va tenir la seva fase de camp el 1982, en base a Ginebra, i la seva conferència final el 1985, a Venècia, no era un experiment amb la tramuntana com a objectiu científic principal, però, com que es van triar els Alps com escenari, les ciclogènesis mediterrànies en general i les alpines de sotavent (o de Gènova) —que són motor de molts dels temporals de mistral i tramuntana més forts i generals—, sí que esdevenien objectiu principal, mentre que els vents regionals associats, mistral i tramuntana i també «cierzo» (o cerç) i bora, resultaven ser objectius secundaris. Una conclusió bastant general podria ser que els models no permetien una representació prou vigorosa dels efectes orogràfics (ciclogènesi de sotavent i vents regionals associats), per manca de realisme. Això es podria suplir amb un reforçament exagerat, artificial dels efectes orogràfics i amb una cada vegada major resolució espacial del models. Això darrer aniria venint amb el temps, amb el progressiu desenvolupament tecnològic, amb l'augment de la potència de càlcul dels ordinadors. Avui ja gairebé no fan falta artificis, ni per a reforçar els efectes orogràfics, ni per a un diagnòstic detallat.

A l'empara d'*ALPEX*, i també per una necessitat compartida i creixent de la cooperació científica en els àmbits meteorològic i oceanogràfic, a l'inici dels anys 80 s'havia anat consolidant un grup mixt d'estudi, amb participants de la meteorologia estatal, de les universitats i de les institucions oceanogràfiques. Dins d'aquest grup, la idea del reforçament local del vent de tramuntana per l'acceleració addicional proporcionada pel «dipol orogràfic pirinenc» va anar agafant



força i fins i tot va permetre el desenvolupament d'una metodologia de diagnòstic de la tramuntana, basada en diferències de pressió atmosfèrica observades a diversos punts, la darrera versió de la qual, anomenada «viento4», va estar vigent a la meteorologia estatal prop de trenta anys, fins que els models numèrics moderns l'han fet innecessària. En relació a la formació dels ciclons mediterranis i dels vents regionals es van fer algunes contribucions complementàries (Jansà *et al.*, 1986; Riosalido *et al.*, 1986; Jansà, 1986) i també es va relacionar quantitativament el vent de tramuntana, el seu diagnòstic, amb la formació de l'aigua profunda mediterrània, al nord de Menorca (López-Jurado *et al.*, 1987).

L'afortunada obtenció d'una imatge de satèl·lit singular, que permetia un diagnòstic inèdit del mistral / tramuntana, en coincidència temporal amb els estudis ALPEX, va confirmar idees sobre l'estructura i extensió d'aquest sistema de vents. Aquesta imatge (figura 10) va tenir una notable projecció exterior, primer a la conferència ALPEX de Venècia (Jansà, 1986) i després mitjançant un article sobre la qüestió (Jansà, 1987). A l'article de 1987, a més d'explicar-se els detalls

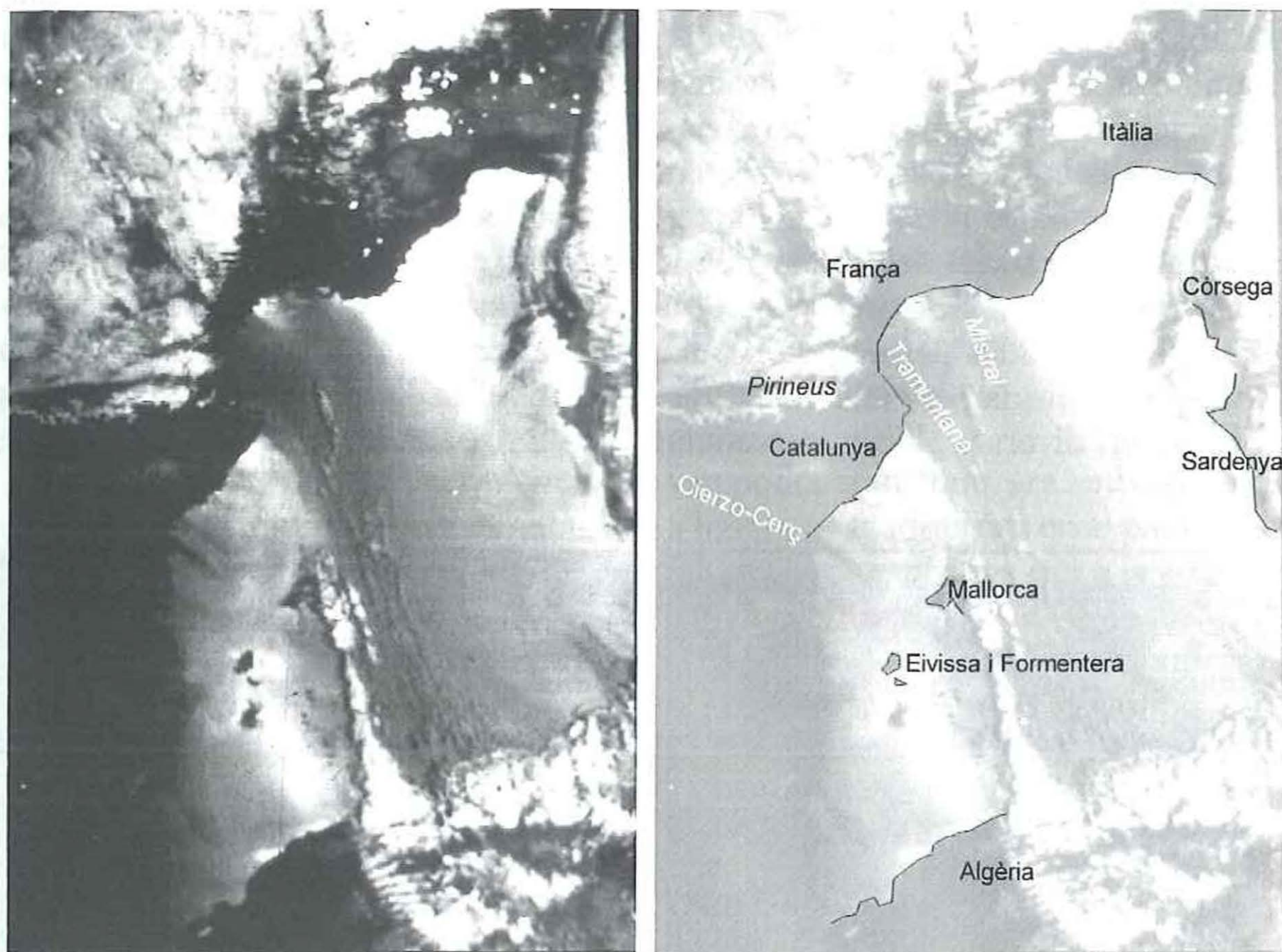


Figura 10. Diagnòstic d'una situació de mistral / tramuntana mitjançant una imatge de satèl·lit, NOAA-6, obtinguda al Centre Meteorològic de les Balears el 16 d'abril de 1985, publicada inicialment a Jansà (1986, 1987). La llum solar es reflecteix sobre la mar Mediterrània, però determinades zones estan obscurides per la presència de vent fort, que genera mar agitada i dispersa la llum. La línia de cisallament (vent fort a llevant i vent fluix a ponent) es veu ben definida, entre el nord de Catalunya i el nord de les Balears. Compareu amb la figura 9.



que la imatge permetia descobrir o confirmar (com la clara definició de la línia de cisallament del vent o la composició del sistema, amb elements convergents, com la branca rossellonesa i empordanesa —la tramuntana— i la branca provençal —el mistral—), es donava informació sobre l'estat de la qüestió en relació a l'extensió i el domini de la tramuntana, incloses aportacions noves en relació a les Balears, i també es parlava del dipol orogràfic pirinenc i del mètode de diagnòstic «viento4».

### 5.3. PYREX

No havia passat gaire temps des del final d'ALPEX quan els serveis meteorològics dels estat francès i espanyol —als quals s'afegiren després altres institucions— van considerar que alguns aspectes sobre la influència orogràfica sobre la circulació atmosfèrica i, en particular, sobre la formació i característiques dels vents regionals relacionats, com la tramuntana, no havien quedat prou ben descrits. Per això es va idear un nou experiment, *PYREX*, de més petita escala que *ALPEX* i amb els Pirineus i el seu entorn com a escenari. El fregament de la muntanya, del qual el dipol orogràfic és una manifestació, i la tramuntana (a més del «cierzo» i l'«autan») eren, ara, els objectius centrals (Bougeault et al., 1990). La fase de camp de l'experiment va tenir lloc durant octubre i novembre de 1990, però la preparació i l'explotació de resultats va suposar anys de feina. En relació a la tramuntana (des del Rosselló a Menorca), es pot dir que *PYREX* ha estat el major esforç científic experimental que s'ha fet mai. Les operacions eren anticipades i preparades per un equip mixt, francès i espanyol, la part espanyola en bona part nodrida per meteoròlegs de les Balears. En dies de tramuntana forta es feien servir diversos globus instrumentats, que volaven a un nivell constant, poc

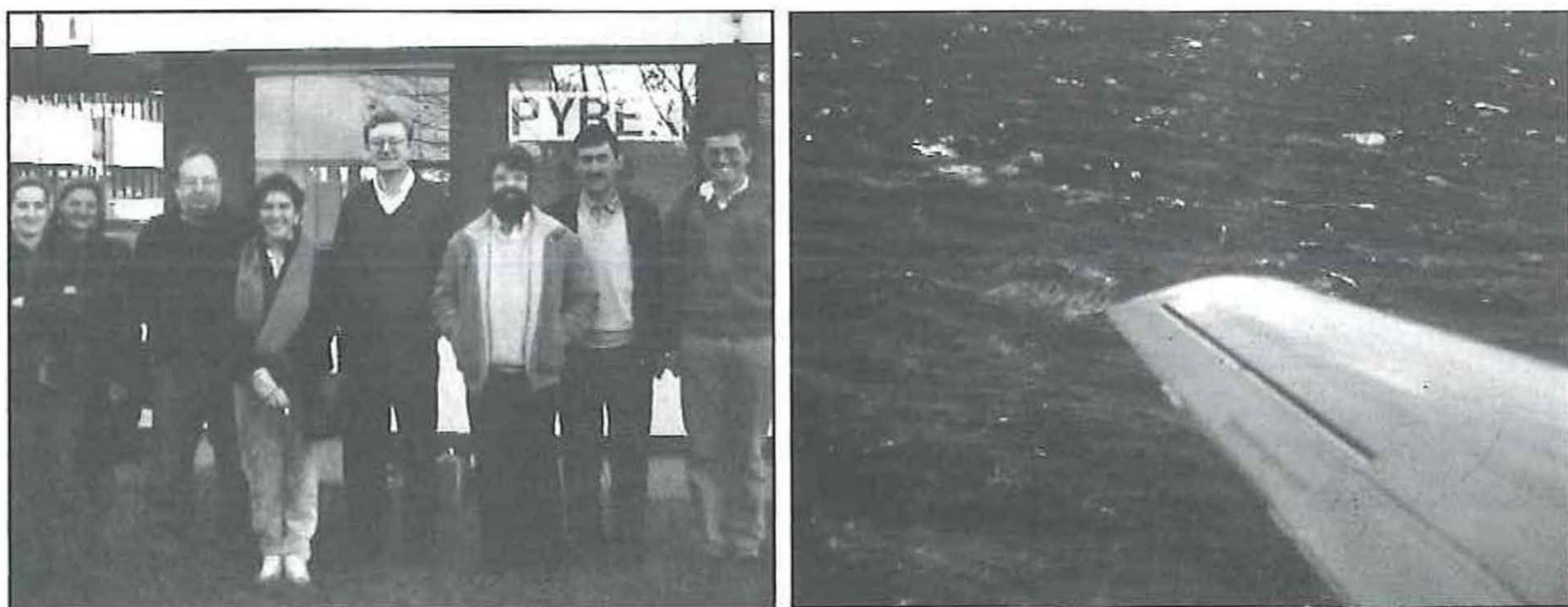


Figura 11. Experiment PYREX. A l'esquerra, part del grup de seguiment, a la base d'operacions de Tolosa de Llenguadoc; al centre, el més alt, és Philippe Bougeault, director de PYREX, i a la seva esquerra, Agustí Jansà, responsable de la participació espanyola. A la dreta, vol de dia 16 de novembre de 1990, en plena tramuntanada (foto de Miguel Àngel Heredia, científic a bord, que és qui apareix a l'extrema dreta de la foto anterior).



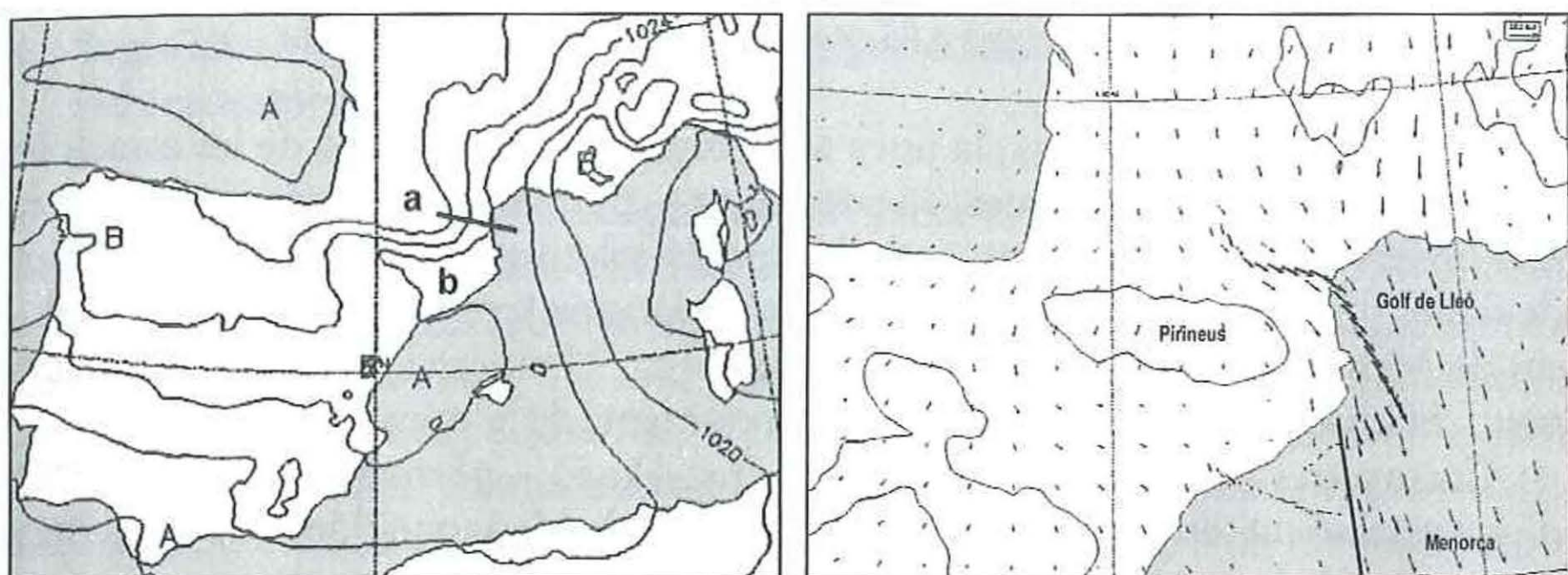


Figura 12. Experiment PYREX. A l'esquerra, pressions simulades pel model HIRLAM-INM-0.2, dia 5 d'octubre de 1990, a 12 UTC; el dipol orogràfic pirinenc (a-b), ben simulat, suposa una caiguda de pressió, al llarg de la línia negra gruixuda, de 6 hPa en poc més de 150 km. Això accelera el vent de menys de 10 m/s a 25 m/s o més. A la dreta es superposen les simulacions de vent fetes pel model amb les observacions del vol PYREX Piper Aztek P11, entorn a migdia, el mateix dia 5. L'avió, en vol de Tolosa a Reus, ha creuat tres vegades la línia de cisallament de la tramuntana (línia negra gruixuda), amb molt de vent a llevant i molt poc a ponent. (Adaptat de Campins et al., 1997).

elevat, i que viatjaven lliures, seguint el vent i prenent mesures detallades, des del sud de França fins a les Balears, o cap a Còrsega i Sardenya. Avions científics, a més, sobrevolaven la zona, a altures diverses, i realitzant ziga-zagues, per travessar repetidament la línia de cisallament de la tramuntana, i ascensos i descensos, per a copsar-ne l'estructura vertical. El desplegament d'instruments a terra va permetre, a més, una extraordinàriament rigorosa determinació del fregament de la muntanya, lligat a l'anomenat dipol orogràfic.

D'entre els resultats experimentals, es van poder confirmar, ara amb un nivell de documentació únic, coneixements que s'havien anat adquirint en el passat. En particular el gruix de la tramuntana i l'altura dels vents màxims cap a la zona de Menorca coincidien molt amb el que havia obtingut Jansà Guardiola mig segle abans, mitjançant globus pilot (Jansà Guardiola, 1933a; 1943a, Campins, 1998). PYREX va permetre constatar que no totes les tramuntanades arribaven a les Balears. Segons la situació meteorològica de gran escala, n'hi havia que s'*ames-tralaven*, caragolant-se prou al nord i deixant les Illes de banda, mentre que altres adquirien direcció purament de nord a sud i arribaven plenament a Menorca i nord de Mallorca (i més enllà) (Campins et al., 1995).

La rigorosa determinació del fregament i dipol orogràfic (Bessemoulin et al, 1993) i els estudis de diagnòstic en paral·lel, fets mitjançant models numèrics, van permetre establir quantitativament i amb rotunditat la important contribució, ja intuïda abans, del gradient de pressió addicional proporcionat pel dipol orogràfic pirinenc a l'acceleració extrema de la tramuntana (Bougeault et al., 1993; Campins et al., 1995; Campins et al., 1997).



#### 5.4. Potenciació de l'observació a Menorca i a l'entorn de Menorca

Des de finals del segle xx, la nova tecnologia —l'adveniment de les estacions meteorològiques automàtiques, en particular— permet una progressiva extensió de l'observació meteorològica, amb l'obtenció relativament senzilla i econòmica de dades digitals, de qualitat creixent i d'alta densitat temporal. Això no és exclusiu de Menorca; naturalment, però també afecta Menorca i, per tant, potencialment, la investigació del vent i, més concretament, de la tramuntana.

Entre altres fites, es podria destacar la instal·lació —permanent—, l'any 1992, d'una estació meteorològica completa a la Mola de Maó, que dona suport, a més, a una estació de contaminació atmosfèrica de fons, pertanyent a les xarxes europea i mundial desplegadas per a aquesta qüestió. Tot i que no s'han fet estudis rigorosos de detall, sembla que el vent mitjà, en general i la tramuntana en particular, seria devers un 20% superior al de l'aeroport, un resultat concordant amb el que havia donat l'experiment sobre l'aerosol salí de 1981-82 (apartat 5.1).

L'abril de 1993, *Puertos del Estado* va fondejar una boia meteorològica i oceanogràfica a prop de Menorca, a poc menys de 9 milles al sud-est de l'illa. Aquesta boia està proporcionant dades de vent en mar oberta, prop de Menorca, per primera vegada en la història. Malgrat que el vent s'està mesurant a sols 3 metres d'alçada, si parlem de velocitat mitjana en deu minuts resulta que el vent és prou més fort a la boia, mar endins, que a terra, amb més diferència de nit que de dia. La boia dona una perspectiva nova en relació al vent i, a més proporciona dades sobre ones, una informació que, de forma quantitativa i sistemàtica, era ben desconeguda.

En vistes a la futura instal·lació d'un parc eòlic, per a generar energia elèctrica a partir del vent, el 1996 es va instal·lar una torre meteorològica a un turó, a es Milà, prop de Maó, que mesurava, en alta freqüència temporal, dades de vent a 20 i 40 m d'alçada. Amb les dades recollides fins a 1999 es va poder comprovar que el vent mitjà era de 5,4 m/s a 20 m i de 6,4 m/s a 40 m, i s'estimava en 4,5 m/s la velocitat a 10 m, un 20% més que a l'aeroport, en congruència amb les dades de la Mola i les obtingudes a l'experiment de 1981-82. El parc eòlic no es va obrir fins al 2004. S'han anat acumulant moltes més dades interessant, però no públiques.

L'any 1999 es va reinstal·lar tot l'equipament meteorològic de l'aeroport, amb instruments moderns i duplicats i, en particular, amb sensors de vent a les dues capçaleres de pista, nord i sud. Es tenia així més riquesa informativa, a més de major qualitat, absoluta objectivitat i gran resolució temporal.

Altres estacions de titularitat pública i prou utilitat potencial per a millorar el coneixement sobre la tramuntana a Menorca s'han anat obrint més tard, ja dins el segle xxi. El 2007, en particular, *Ports de les Illes Balears* va instal·lar una estació completa, incloses dades de vent, al port de Ciutadella, orientada a obtenir dades sobre el fenomen de les rissagues. El 2008 va ser l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) la que va muntar una estació amb dades de vent a es Mercadal. La xarxa pública actual la complementen algunes estacions privades, recents.



## 6. Segle XXI. Noves orientacions d'investigació sobre la tramuntana a Menorca i al seu entorn

Dins del segle XXI, a part d'algun treball sobre el vent, fet a escala insular menorquina, tot i que no referit a la tramuntana en particular (Cladera, 2010), s'han estat fent alguns estudis sobre la tramuntana, a escala regional, i emprant mitjans tècnics inexistents abans. Cal destacar, també, un nou programa internacional amb alt component experimental, HyMeX, que ja ha aportat alguna cosa nova sobre la tramuntana. Abans caldria dir alguna paraula, no obstant, sobre MEDEX, que també ha estat un projecte internacional, tot i que amb menor component experimental que ALPEX, PYREX o el nou HyMeX. A més, cal destacar que s'ha estat acumulant molta informació, abans inexistent, que pot permetre nous estudis d'àmbit insular o referits a l'arxipèlag balear, sobre la tramuntana específicament.

### 6.1. *Observació i simulació de la tramuntana en alta resolució*

La simulació mitjançant models numèrics de predicció meteorològica ha adquirit actualment un nivell de detall i qualitat inimaginable fa molt poques dècades. Els models actuals, a més d'una física prou consistent i plantejada explícitament, quan abans s'havia de fer de forma paramètrica, admeten actualment uns nivells de resolució espacial que permeten descriure detalls mínims d'una multitud de fenòmens meteorològics, tot i que en molts de casos la base observacional no és prou detallada com per a tenir una descripció suficientment exacta de la situació inicial, la qual cosa fa que les simulacions realitzades vagin acumulant un nivell d'error progressivament important. Aquest problema, no obstant, resulta minimitzat quan el que es tracta de simular són fenòmens meteorològics que, fins i tot essent d'escala petita, estan molt condicionats per factors geogràfics, no variables, com la distribució de terres i mars i l'orografia. Sabem avui que l'orografia és un factor molt important en la generació de la tramuntana i els seus detalls. Per això l'inici de la tramuntana, la seva intensitat i la seva forma de distribució són relativament previsibles amb els models moderns, que, a més, poden ser emprats per a fer experiments de sensibilitat més detallats que els que s'havien fet en els anys 90 (Campins, 1995, 1997), per a avaluar millor els factors que intervenen en els processos d'irrupció i expansió de la tramuntana. Només com exemple, la figura 13 mostra la simulació, amb èxit, d'una irrupció de tramuntana feta emprant el model HARMONIE, en la versió preoperativa a AEMET, amb una resolució horitzontal de 2,5 km (S. González et al., 2014). L'avanç de la frontera o límit de la irrupció de tramuntana es veu ben definit, per la distribució del vent i la seva divergència i per la distribució de les temperatures.

Simulacions tan fines com les que permeten els models actuals poden resultar difícils de verificar, de contrastar amb la realitat, per insuficiència de dades, però no hi ha dubte que el desenvolupament de la tecnologia observacional ajuda a superar aquest problema. A més que han augmentat els punts i d'observació i



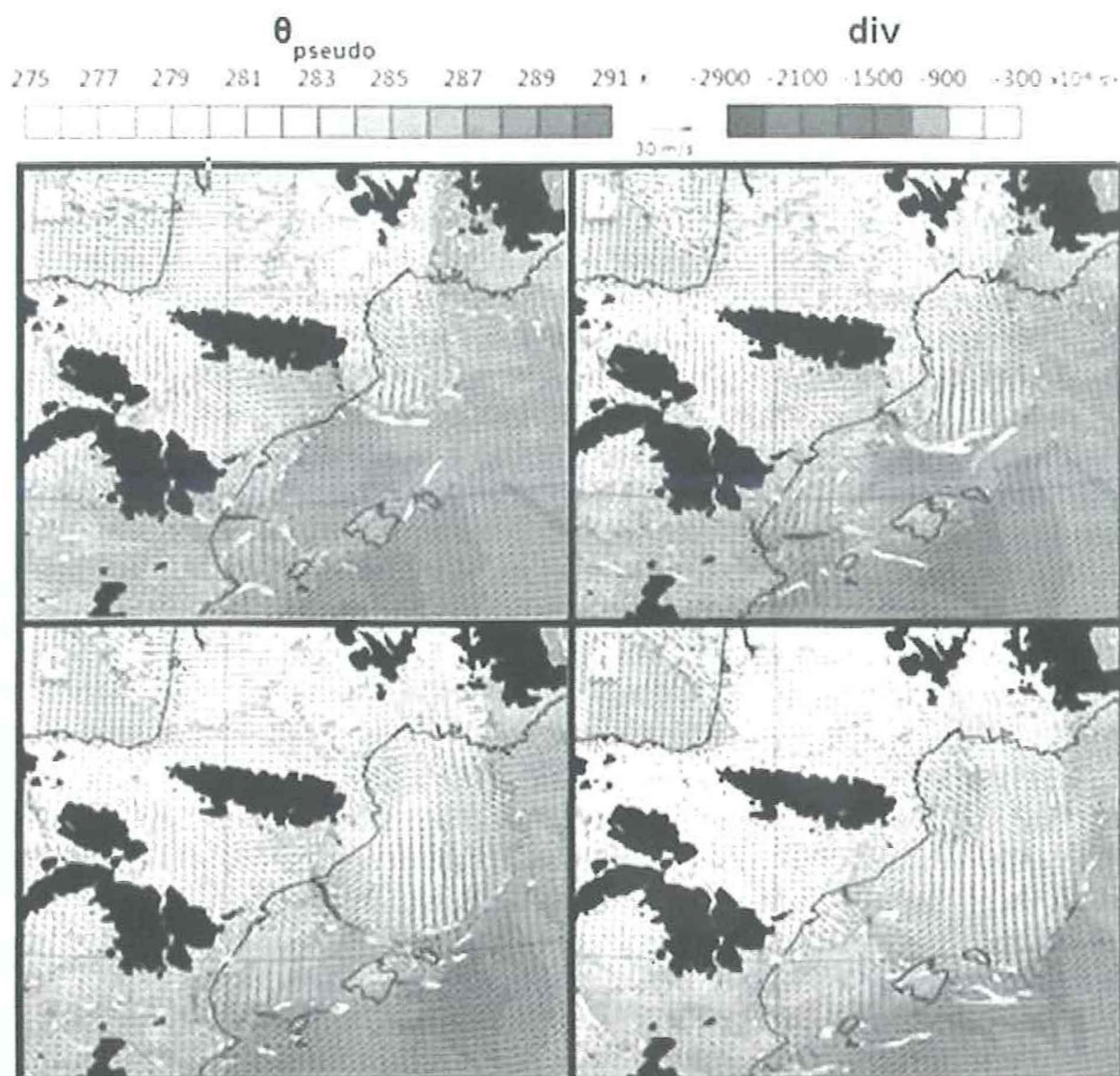


Figura 13. Simulació numèrica, mitjançant el model Harmonie, en la qual es veu l'avanç del límit d'una irrupció de tramuntana, dia 28 de maig de 2013, cada dues hores (de 14 a 20 UTC), mitjançant la distribució del vent, la divergència i la temperatura (*temperatura potencial pseudoadiabàtica*) (De González et al., 2014).

s'han diversificat els sistemes, els satèl·lits, per exemple, permeten veure detalls sorprenents, impensables no fa gaire temps, en la descripció de fenòmens com els que ens ocupen. La figura 14, per exemple, reproduïx una imatge MODIS, presa pel satèl·lit TERRA, on es mostra molt clarament la frontera d'irrupció de la tramuntana, una tramuntanada d'estiu, en aquest cas.

## 6.2. MEDEX i HyMeX

Després d'ALPEX i parcialment en paral·lel a PYREX, entre els anys 1984 i 1997 es va dur a terme un projecte d'investigació d'àmbit mediterrani, el Mediterranean Cyclones Project (MCP), sota l'auspici de l'OMM, però que, a diferen-



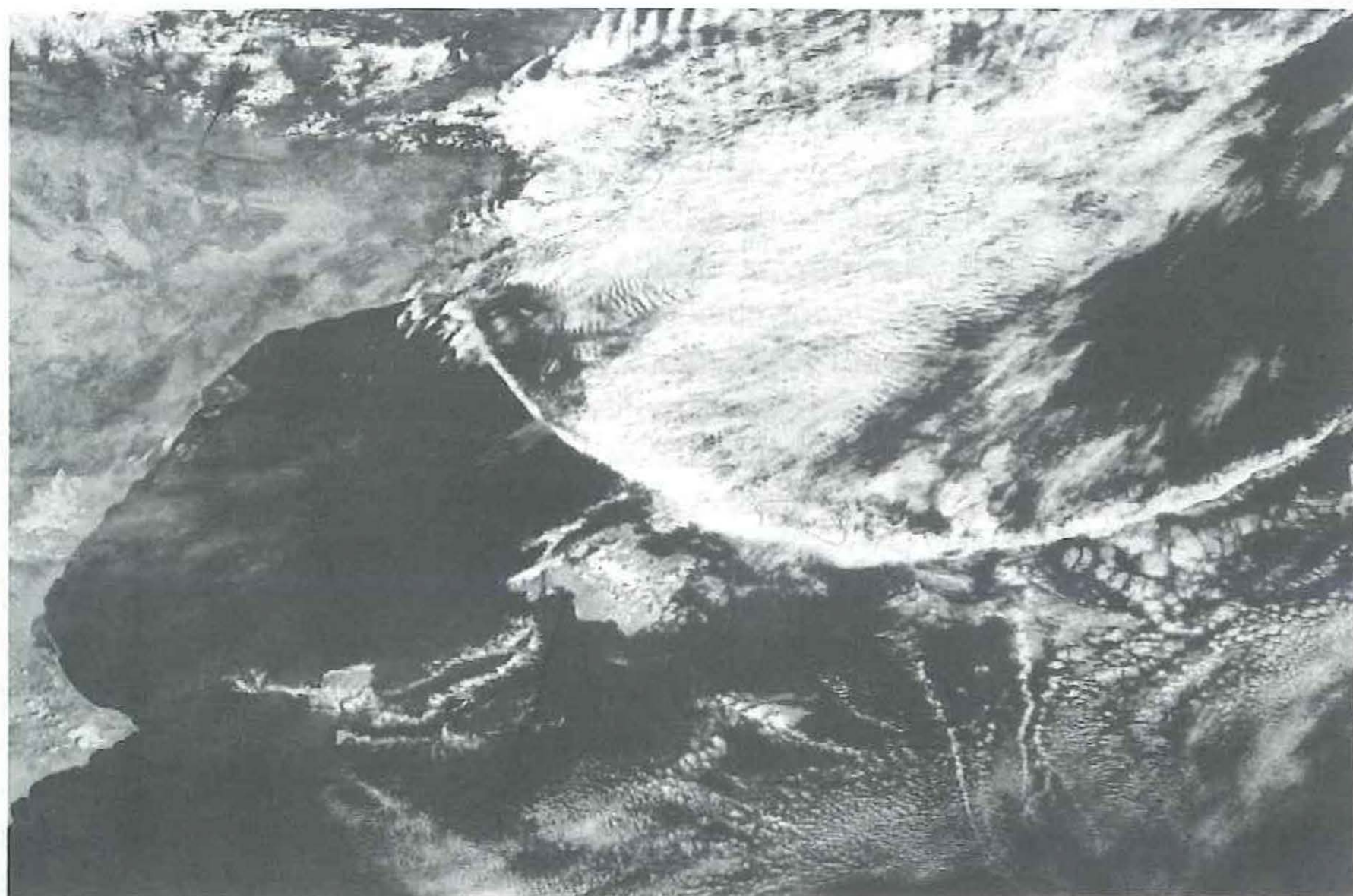


Figura 14. Dia 13 d'agost de 2014. Imatge MODIS/Terra d'alta resolució. La frontera de la irrupció de tramuntana acaba de passar sobre l'illa de Menorca.

cia d'ALPEX o PYREX, no tenia un objectiu experimental, de recollida de noves dades, sinó que es plantejava com un projecte més de gabinet, orientat a l'intercanvi d'informació i troballes entre els diversos grups participants mitjançant reunions periòdiques i publicacions. L'objectiu directe del MCP no era la tramuntana, directament, sinó els ciclons mediterranis. Però sabem que els ciclons mediterranis i la tramuntana no estan deslligats, de manera que de relació entre MCP i la tramuntana n'hi havia. El Centre Meteorològic a les Balears de la meteorologia estatal va ser molt actiu a MCP i en certa manera es podria dir que MCP va acabar amb un magne simposi a Palma, l'any 1997, sobre el ciclons mediterranis i els fenòmens adversos connexos, sense excloure la tramuntana. Campins et al. (1997) és un botó de mostra, en aquest sentit. Acabat MCP, dels simposi de Palma va sorgir la idea de fer un nou projecte internacional sobre la Mediterrània, orientat, precisament, a aprofundir en l'estudi dels ciclons o depressions mediterranis i els fenòmens meteorològics adversos connexos, inclosa la tramuntana i altres vents forts. Tampoc es pensava aquesta vegada en una gran campanya experimental, com a ALPEX o PYREX, però la realització d'alguna campanya de menor intensitat sí que es va considerar. El nou projecte, nascut a Palma i sempre dirigit des de Palma, es va anomenar MEDEX i va estar vigent entre 2000 i 2010. Ja se n'ha escrit un ampli resum, on s'expliquen tota casta de detalls i de resultats, i a aquest resum ens remetem ara, per a no repetir-lo aquí. Vegeu Jansà et al. (2014a). Només especificarem un detall, perquè afecta prou directament la investigació sobre la tramuntana a Menorca. En el marc de MEDEX es va fer una



àmplia recopilació d'informació sobre ciclons mediterranis i fenòmens meteorològics adversos, que van permetre estudis de relació entre causa i efecte, entre ciclons i fenòmens connexos. Un d'aquests estudis es refereix a les Balears i posa en relació els ciclons mediterranis amb els fenòmens adversos a la regió, però a les Balears un dels fenòmens adversos més freqüents són les tramuntanades, de manera que aquest estudi (Campins et al., 2006) es pot considerar una aportació significativa a l'estudi de la tramuntana a les Balears i, per tant, a Menorca.

El programa internacional HyMeX (Hydrological Mediterranean Experiment) es va plantejar, en algun moment, com un tancament, una continuació, però també com una ampliació de MEDEX. L'HyMeX defineix com el seu gran objectiu general l'avanç en el coneixement del cicle de l'aigua a la Mediterrània, amb especial èmfasi en els extrems hidrometeorològics, com per exemple les pluges fortes i els vents forts (Dobriniski et al., 2014). Els vents forts han de tenir la consideració d'extrems hidrometeorològics perquè constitueix el mecanisme òptim per a una evaporació intensa a la Mediterrània. Naturalment, en aquest sentit són especialment crítiques les ventades de mistral i tramuntana.

L'estratègia del programa té dos pilars fonamentals: l'observació i la modelització numèrica del sistema atmosfera-terra-oceà. Si bé el programa HyMeX té una durada de deu anys (2010-2020) és a certs períodes de temps, anomenats SOPs (Special Observation Periods) on es preveuen campanyes de camp específiques sobre certs fenòmens i a certes regions, amb el desplegament de mitjans extraordinaris d'observació. Alguns d'aquests mitjans es mantenen actius durant

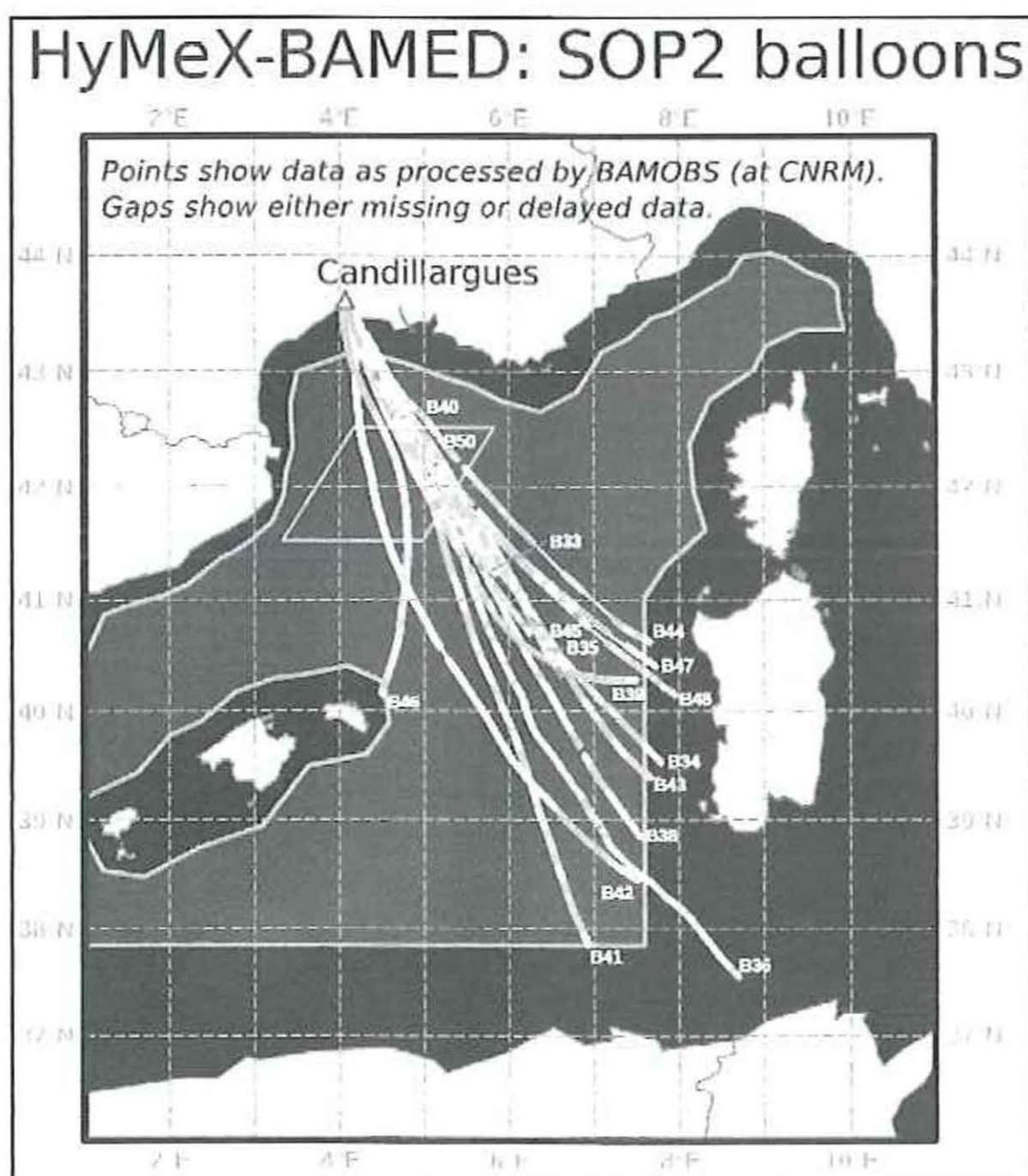


Fig. 15. HyMeX-SOP2, 1 febrer a 15 març 2013. Trajectòries de globus de nivells constants llançats des de Candillargues (Adaptat de Doerenbecher et al., 2013).



tot el període, però n'hi ha d'altres que s'activen quan es preveu l'aparició d'algun fenomen intens. En aquest últim cas, i d'una manera semblant a l'emprada en els experiments ALPEX i PYREX, s'incrementen les observacions a certs llocs, com per exemple amb avions instrumentals, globus de nivell constant o sondatges extraordinaris. De moment s'han dut a terme dos SOPs, ambdós centrats a la Mediterrània Occidental, i per tant incloent de ple Menorca. El primer SOP es va realitzar a la tardor de 2012 i es va focalitzar a les pluges fortes de la Mediterrània Occidental, tot i que també es van documentar un pocs casos de vent fort, uns dels quals va ser una tramuntanada forta que afectà Menorca (Jansà et al., 2014b). Però és el SOP2, realitzat l'hivern del 2013 (de l'1 de febrer al 15 de març), el que té més importància per a l'estudi de la tramuntana. En aquest cas el fenomen a estudiar és la formació d'aigua profunda al golf de Lleó pel sistema de vents mistral / tramuntana. Durant aquest període es van recollir moltes dades d'un bon nombre de situacions de vent fort, la majoria de les quals van afectar Menorca. Els llançaments amb globus a nivell constant, fets, aquesta vegada, des de Candi-llargues, ja fregant la Provença, a diferència dels llançaments PYREX, que s'havien fet des de dos punts més dins del Rosselló i cap al cap de Creus, demostraren que l'aire que ve des de la Provença i proximitat (el mistral) no és el que arriba a Menorca, més que en casos excepcionals. Diríem que la tramuntana de Menorca és ben germana de la tramuntana de l'Empordà i el Rosselló, però amb el mistral provençal hi té un parentesc més llunyà.

### *Epíleg*

Aquest article ha estat escrit en homenatge a Josep Miquel Vidal Hernández, físic i expert en història de la ciència. Com a físic, ell es va especialitzar en camps propers al de la meteorologia, en física de la Terra i del Cosmos. La meteorologia, de fet, l'interessava molt i, sens dubte, era un tema que coneixia. D'altra banda, quan es va posar a explorar el camp de la història de la ciència, un dels seus punts principals d'interès va ser la història, els inicis de l'observació i la investigació meteorològica a Menorca. Va relacionar els inicis de la meteorologia a Menorca amb la història local i general de la ciència mèdica.

Cal afegir que en els anys 1970 Josep Miquel Vidal va conèixer Josep Maria Jansà i Guardiola, insigne meteoròleg, que ja estava retirat i amb poca salut. Es va interessar molt per la seva figura i la seva obra, dins de la qual l'estudi de la meteorologia mediterrània i, en particular, de la tramuntana havien estat bàsiques, i va ser impulsor directe d'una sèrie d'homenatges que se li van fer, com nomenar-lo com a primer membre d'honor de l'Institut Menorquí d'Estudis. També va impulsar la reedició, en forma compacta, d'una part significativa de l'obra científica mediterrània, balear i menorquina de Josep Maria Jansà.

Per tot això, pensem que li hauria interessat aquest article, que li hauria agradat que l'enfrontéssim. L'article, d'altra part, para especial esment a períodes històrics ja antics i a la feina de Jansà i Guardiola. Els temps més propers s'han vist d'una manera més sumària i s'ha de dir que han hagut de quedar fora de l'ar-



ticle, o gairebé, fora, aspectes científics molt importants, en particular la interacció aire i mar, la resposta marina a les irrupcions de tramuntana. La tramuntana és molt important per a entendre el funcionament de la Mediterrània des del punt de vista oceanogràfic i al llarg de les darreres dècades s'hi ha prestat molta atenció, sobretot per part d'oceanògrafs, pertanyents a diverses institucions radicades a Catalunya i a les Balears. Aquest és, d'altra part, l'aspecte que més vol destacar-se a HyMeX en relació a la tramuntana. Un dia haurem de dedicar un esforç especial a aquests aspectes d'interacció aire i mar en relació a la tramuntana, que inclouen, a més de processos d'evaporació, refredament i formació d'aigua profunda, tota la qüestió de formació i propagació de l'onatge.

A més d'aprofundir en aquests i altres aspectes, la investigació, fins i tot local, sobre la tramuntana té, encara, molt de camí per recórrer. Ens agradaria, per exemple, que algú tragués profit de la relativa proliferació recent d'estacions meteorològiques, espacialment separades, fins i tot unes quantes dins Menorca, per tal d'afinar qüestions com l'eventual localització dins l'Illa o en el seu canal de la línia de cisallament de vent que sabem que s'estableix. Però la descripció i comprensió del fenomen, en si i en les seves conseqüències, a terra i a la mar, tenen moltes més portes obertes. La disponibilitat de dades noves i molt detallades i la possibilitat d'emprar nous models de predicció i nova tecnologia d'observació, particularment la teledetecció, i l'observació de tipus marítim, permeten avançar més i més en el coneixement de la tramuntana a Menorca i a la Mediterrània. L'interès a fer-ho no ha de faltar, perquè el tema és important, per a Menorca, per a les Balears, per a la Mediterrània.

## Referències

- BARBER BARCELÓ, M. (1963): *Revista de Menorca. Índice. 1888-1955*, Ateneu de Maó, Maó, 194 ps.
- BARCELÓ PONS, B. (1998): *Bibliografia de Josep M. Jansà i Guardiola*, «Territoris», 1, 47-66.
- BERGERON, T. (1928): *Über die dreidimensional verknüpfende Wetteranalyse. Erster Teil: Prinzipielle Einführung in das Problem der Luftmassen und Frontenbildung*, «Geof. Publ.», 5, núm 6, 118 ps. (online: [http://www.ngfweb.no/docs/NGF\\_GP\\_Vol05\\_no6.pdf](http://www.ngfweb.no/docs/NGF_GP_Vol05_no6.pdf)).
- BESSEMOULIN, P., P. BOUGEAULT, A. GENOVÉS, A. JANSÀ i D. PUECH (1993): *Mountain Pressure Drag during PYREX*. «Beitr. Phys. Atmosph.», vol. 66, núm. 4, 305-325.
- BJERKNES, J., & SOLBERG, H. (1922): *Life cycle of cyclones and the polar front theory of atmospheric circulation*, «Geof. Publ.», 3, núm. 1, 16 ps. (online: [http://www.ngfweb.no/docs/NGF\\_GP\\_Vol03\\_no1.pdf](http://www.ngfweb.no/docs/NGF_GP_Vol03_no1.pdf)).
- BLEEKER, W., UNESCO, WMO, The UNESCO/WMO (1960): *Seminar on Mediterranean Synoptic Meteorology, Rome, 24 Nov.-13 Dec., 1958: report, lectures, weather situation during the seminar (survey & maps)*, Berlin, Dietrich Reimer, Berlin Freie Universität. Institut für Meteorologie und Geophysik. Meteorologische Abhandlungen, Bd. 9, Hft. 1, 226 ps.
- BOUGEAULT, P., A. JANSÀ, B. BENECH, B. CARISSIMO, J. PELON i E. RICHARD (1990): *Momentum Budget over the Pyrénées: The PYREX Experiment*. «Bulletin of the American Meteorological Society», vol. 71, núm. 6, 806-818.



- BOUGEALT, P., A. JANSÀ, J. L. ATTÉ, I. BEAU, B. BENECH, R. BENOIT, P. BESSEMOULIN, J. L. CACCIA, J. CAMPINS, B. CARISSIMO, J. L. CHAMPEAUX, M. CROCHET, A. DRUILHET, P. DURAND, A. ELKHALFI, P. FLAMANT, A. GENOVÉS, M. GEORGELIN, K. P. HOINKA, V. KLAUS, E. KOFFI, V. KOTRONI, C. MAZADIER, J. PELON, M. PETIDIDIER, Y. POINTIN, D. PUECH, E. RICHARD, T. SATOMURA, J. STEIN i D. TANNHAUSER (1993): *The atmospheric momentum budget over a major mountain range: first results of the PYREX field program.*, «Ann. Geophysicae», vol. 11, ps. 395-418.
- CAMPINS, J., A. JANSÀ, B. BENECH, E. KOFFI, P. BESSEMOULIN (1995): *Pyrex Observation and Model Diagnosis of the Tramontane Wind*, «Meteorol. Atmos. Phys.», 56, ps. 209-228.
- CAMPINS, J., J. CALVO i A. JANSÀ (1997): *The tramontane wind: Dynamic diagnosis and HIRLAM simulations*, in INM/WMO Internacional Symposium on Cyclones and Hazardous Weather in the Mediterranean, Palma de Mallorca, 14-17 April 1997, Ministerio de Medio Ambiente, Universitat Illes Balears, Palma de Mallorca, ps. 503-508.
- CAMPINS, J. (1998): *L'estudi de la tramuntana: De J. M. Jansà al PYREX*, «Territoris», 1, ps. 111-122.
- CAMPINS, J., JANSÀ, A., and GENOVÉS, A. (2006): *Heavy rain and strong wind events and cyclones in the Balearics*, «Adv. Geosci.», 7, ps. 73-77.
- CARRERAS VERDAGUER, C. (1979): *Maurici Hernández i Ponsetí, naturalista menorquí*, «Randa», 8, ps. 204-214
- CARRERAS SEGUÍ, P. (2007): *Estudi de pluja a Maó durant el període 1864-1932*, Memòria d'investigació dipositada a l'Institut Menorquí d'Estudis, Maó. [Conté text i abundant material gràfic complementari]
- CARRERAS SEGUÍ, P. (2009): *Sèrie de pluja de Maó del 1864 al 1932 gràcies a Joaquim Carreras i Maurici Hernández*, dins Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica, segona època, vol. 2 (1), ps. 70-78
- CLADERA, P. (2010): *Convergència dels vents en superfície. El règim de brises a Menorca*, disponible a Institut Menorquí d'Estudis (IME), Maó.
- DOERENBECHER, A., C. BASEDEVANT, F. BERTNARD, P. COCQUEREZ, P. DROBINSKI, N. MATHIEU, B. JOURDIER, A. DI LUCA, ALESSANDRO, B. S. BERTHOU and OP. DURAND (2013): *Let's go for a ride with drifting balloons*, 7th HyMeX Meeting, Cassis (France).
- DROBINSKI, P., V. DUCROCQ, P. ALPERT, E. ANAGNOSTOU, K. BÉRANGER, M. BORGA, I. BRAUD, A. CHANZY, S. DAVOLIO, G. DELRIEU, C. ESTOURNEL, N. FILALI BOUBRAHMI, J. FONT, V. GRUBISIC, S. GUALDI, V. HOMAR, B. IVANČAN-PICEK, C. KOTTMEIER, V. KOTRONI, K. LAGOUVARDOS, P. LIONELLO, M. C. LLASAT, W. LUDWIG, C. LUTOFF, A. MARIOTTI, E. RICHARD, R. ROMERO, R. ROTUNNO, O. ROUSSOT, I. RUIN, S. SOMOT, I. TAUPIER-LETAGE, J. TINTORÉ, R. UJLENHOET and H. WERNLI (2014): *HyMeX: a 10-year multidisciplinary program on the Mediterranean water cycle*. «Bulletin of the American Meteorological Society», 95, ps. 1063-1082.
- FONTSERÈ, E. (1950): *La tramuntana empordanesa i el mestral del Golf de Sant Jordi*, publicat a despeses de la Institució Patxot, Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, XXI, Barcelona, 90 ps.
- HERNÁNDEZ SANZ, F. (1908 [reedicions 1986, 1999]): *Compendio de Geografía e Historia de la Isla de Menorca*, Imp. B. Fábregues y Sintés, Maó, VI+450 ps. [apartat de clima, ps. 22-24]
- GONZÁLEZ, Sergi, Ernest WERNER, Pau ESCRIBÀ i Alfons CALLADO (2014): *Análisis de sensibilidad del efecto de la radiación de onda corta en el sistema de vientos tramontana - cierzo: el caso del 28 de mayo de 2013*, dins 33 Jornadas Científicas de la AME, Oviedo [disponible online a [http://www.ame-web.org/images/stories/Congresos/33-Oviedo/TabajosCompletosJornadas/4.analisis\\_y\\_prediccion\\_del\\_tiempo/Oral\\_Gonzalez.pdf](http://www.ame-web.org/images/stories/Congresos/33-Oviedo/TabajosCompletosJornadas/4.analisis_y_prediccion_del_tiempo/Oral_Gonzalez.pdf)]
- GREAT BRITAIN, Meteorological Office (1962): *Weather in the Mediterranean*. Vol. I. General Meteorology. London, H.M.S.O., 362 ps.



- INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS (2005): *Hernández Ponsetí, Maurici, a Galeria de científics catalans*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona [consultat online, 2014, a: [http://scbcientifics.iec.cat/index.php?option=com\\_content&task=view&id=98&Itemid=34](http://scbcientifics.iec.cat/index.php?option=com_content&task=view&id=98&Itemid=34)]
- JANSÀ, A. (1976): *Análisis del viento en Menorca (Punto central de la Cuenca Occidental del Mediterráneo)*, Instituto Nacional de Meteorología, Serie A, núm. 64, 78 ps.
- JANSÀ, A. (1979): *Climatología*, in *Enciclopèdia de Menorca*. Maó, Obra Cultural de Menorca, Tom I, ps. 85-160.
- JANSÀ, A. (1985a): *Alteraciones a mesoscala del campo de presiones en el Mediterráneo occidental*, in *XI Jornadas Científicas [de la AME]. I Congreso de Meteorología Mediterránea (Menorca, Mallorca, octubre 1980)*, Madrid, Asociación Meteorológica Española (AME), ps. 71-98.
- JANSÀ, A. (1985b): *Viento y Aerosol Salino en Menorca. Evaluación y Efectos Agrarios y Ecológicos*, Instituto Nacional de Meteorología, Serie A, núm. 115, 103 ps.
- JANSÀ, A., S. ALONSO, C. RAMIS, M. A. HEREDIA i J. A. GARCIA-MOYA (1986): *Non-Alpine contribution to Mediterranean cyclogenesis: synoptic study of two cases which occurred during ALPEX Special Observing Period*, WMO-TD-Num 108 (Scientific Results of the Alpine Experiment (ALPEX)), Vol. I, GARP Publications Series No. 27, ps. 297-308.
- JANSÀ, A. (1986): *The «Mistral-Tramuntana» shear line: a satellite observation*, WMO-TD-Num 108 (Scientific Results of the Alpine Experiment (ALPEX)), Vol. II, GARP Publications Series No. 27, ps. 577-590.
- JANSÀ, A. (1987): *Distribution of the Mistral: A Satellite Observation*, «Meteorol. Atmos. Phys.», 36, ps. 201-214
- JANSÀ, A., P. ALPERT, P. ARBOGAST, A. BUZZI, B. IVANCAN-PICEK, V. KOTRONI, M. C. LLASAT, C. RAMIS, E. RICHARD, R. ROMERO and A. SPERANZA (2014a): *MEDEX: a general overview*. «Nat. Hazards Earth Syst. Sci.», 14, ps. 1965-1984, [www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/14/1965/2014/](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/14/1965/2014/).
- JANSÀ, A., CAMPINS, J., PICORNELL, M. A. and GUIJARRO, J. A. (2014b): *Situacions de pluja forta i vent fort en territori espanyol durant el SOP1 de HyMeX*. «Thetys, Revista de meteorologia i climatologia mediterrània», 11, ps. 25-38.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1928): *La Tramontana en Menorca*, «Anales de la Sociedad Española de Meteorología», Madrid, Vol. II, ps. 193-194.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1929): *La Tramontana*, «El Bien Público», Maó, LVI, 6-febrer.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1930-32): *Contribución al estudio de la Tramontana*, «Revista de Menorca», Maó, 34 (1930), ps. 211-214, 268-272 i 372-374; 35 (1931), ps. 155-160, 205-214 i 333-345; 36 (1932), ps. 21-29 i 50-62.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1933a): *Contribución al estudio de la Tramontana en Menorca*, Servicio Meteorológico Español, Madrid, Serie A, núm. 3, 36 ps.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1933b): *Régimen de vientos*, «Revista de Menorca», 37, ps. 249-306.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1934a): *Notas para una climatología de Menorca. Régimen de vientos*, Servicio Meteorológico Español, Serie A, núm. 4, 58 ps.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1934b): *Régimen de vientos*, Maó, Tip. Mahonesa, 58 ps.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1943a): *Notas para una climatología de Menorca (Islas Baleares). Vientos en altura*, Servicio Meteorológico Nacional, Serie A, núm. 12, 49 ps.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1943b): *Sobre la Tramontana en Menorca*, «Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares», Diputación Provincial de Baleares, núm. 8, s ps.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1945): *El clima de Mahón. Clima internacional (1901-1930)*, «Boletín Mensual del Centro Meteorológico de Baleares», Diputación Provincial de Baleares, núms. 28, 29, 30, 32 i 32, s ps.



- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1960): *Choques de presión en las irrupciones frías*, «Revista de Geofísica», XIX, núm. 75, ps. 269-284.
- JANSÀ GUARDIOLA, J. M. (1961): *Nociones de climatología general y de Menorca*, Maó, Imp. M. Sintès Rotger, 138 ps.
- LÓPEZ-JURADO, J. L., J. TINTORÉ, J. SALAT, Ll. MIRALLES, A. JANSÀ (1987): *A simple model of a water column applied to the deep water formation in Northern Catalan Sea*, «Annales Geophysicae», 5B, ps. 55-60.
- MENGEL, O. (1934): *Extension du mistral en Méditerranée*, «La Météorologie», Oct. 1934.
- MIRÓ-GRANADA, J. (1998): *Josep M. Jansà Guardiola. Notas biográficas*, «Territoris», 1, ps. 17-45.
- MOLL, Francesc de B., 1920: *Un anemómetro inventado en Menorca*, «Revista de Menorca», 24, ps. 365-376.
- PUIGSERVER, M. (1979): *La Escuela Noruega de Meteorología: una ojeada retrospectiva*, «Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Solé i Safaris», 14, ps. 54-59.
- RAMIS, C. (1985): *Frecuencia y diagnóstico de temporales con la ayuda de análisis a mesoscala en el Mediterráneo occidental*, in *XI Jornadas Científicas [de la AME]. I Congreso de Meteorología Mediterránea (Menorca, Mallorca, octubre 1980)*. Madrid, Asociación Meteorológica Española (AME), ps. 109-136.
- REITER, E. (1971): *Digest of selected weather problems of the Mediterranean*, Norfolk (Virginia), Navy Weather Research Facility, Tech. Paper No. 9-71, 144 ps. + 2 apèndix.
- RIOSALIDO, R., L. VÁQUEZ, A. GORDO i A. JANSÀ (1986): «Cierzo», *north-westerly wind along the Ebro Valley as a mesoscale effect induced on the lee of the Pyrenees mountain range: a case study during ALPEX Special Observing Period*, WMO-TD-Num 108 (Scientific Results of the Alpine Experiment (ALPEX)), Vol. II, GARP Publications Series No. 27, ps. 565-576.
- RIUDAVETS, P. (1888): *Historia de la Isla de Menorca*, Imp. B. Fábregues, Maó. [Edició comentada, dirigida per J. M. Vidal Hernández, 1982, Editorial Al Thor, Maó. Els comentaris del capítol climatològic són d'A. Jansà]
- VAN BEBBER, W. (1891): *Die Zugstrassen der barometrischen Minima*, «Meteorol. Z.», 8, ps. 361-366.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. (1991): *George Clerghorn, una aproximació a la seva vida i a la seva obra*, «Revista de Menorca», 82, ps. 351-372.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. (1998): *Els inicis del estudis meteorològics a Menorca (1739-1850)*, «Territoris», 1, ps. 313-330.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. (2002): *Josep M. Jansà Guardiola: la formació de la meteorologia mediterrània*, in *Meteorologia de Menorca, Balears i la Mediterrània, Obra escollida, edició facsímil* [inclou tres presentacions, una biografia i 16 treballs de Jansà Guardiola], Institut Menorquí d'Estudis, amb col·laboració de la Universitat de les Illes Balears i de l'Instituto Nacional de Meteorología, Maó, ps. 17-37.
- VIDAL HERNÁNDEZ, J. M., i J. BATLLÓ ORTIZ (2006), *Dos-cents cinquanta anys de mesures meteorològiques a Menorca*, dins *Primera Jornada d'Història de l'Astronomia i de la Meteorologia*, 2006-01-01, ps. 127-136.
- VILA, Pau (1933): *Le climat de Minorque*, «Revue de Géographie Alpine», Tom 21, N°4, 831-839. [2014] a: [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga\\_0035-1121\\_1933\\_num\\_21\\_4\\_5382](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga_0035-1121_1933_num_21_4_5382)